

# И. ИХТИОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЯ

УДК 551.46+574(265.54)

## ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ АМУРСКОГО ЗАЛИВА

**А.В. Войцыцкий, Дальрыбвтуз, Владивосток**

*На основании данных экспедиционных наблюдений за состоянием уровня загрязнения донных отложений Амурского залива в периоды 1986-1989 гг. и 2001 г. проводится количественная оценка концентрации хлорорганических соединений (ХОС), тяжелых металлов (ТМ) и нефтеуглеводородов (НУ) в донных отложениях Амурского залива. Отмечается превышение фоновых концентраций в 7-10 раз. Проводится анализ пространственно-временной изменчивости, и выделяются три района, различающиеся по уровню загрязнения. Резюмируется, что уровень антропогенной нагрузки на экосистему Амурского залива к 2001 г. несколько снизился, что связывают с общим экономическим кризисом. Однако объем сточных вод, зачастую неочищенных, сбрасываемых в Амурский залив, продолжает оставаться значительным. При этом большую часть (41,7 %) сбросов представляет легко окисляемое органическое вещество. Таким образом, на экосистему Амурского залива, в том числе и донные сообщества, как и 15 лет назад, основное негативное влияние продолжает оказывать процесс эвтрофикации вод.*

В течение многих тысячелетий хозяйственная деятельность человека не оказывала негативного воздействия на состояние морской прибрежной среды. Рыбный промысел и другие виды деятельности приводили лишь к локальным нарушениям в прибрежной зоне. Однако во второй половине XX столетия в связи с возрастающим загрязнением возникли новые биотопы с иными условиями среды, что привело к появлению и широкому распространению группировок экологически пластичных видов с коротким жизненным циклом и высокими темпами репродукции.

Цель работы – оценить уровень загрязнения донных осадков Амурского залива и выявить ее многолетнюю тенденцию.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- сбор исходных данных;
- анализ гидрометеорологического режима исследуемой акватории;
- анализ пространственно-временных особенностей загрязнения донных отложений Амурского залива;
- выявление наиболее загрязненных районов.

Первые гидрохимические и гидробиологические исследования зал. Петра Великого были предприняты в 1925-1933 гг. под руково-

дством профессора К.М. Дерюгина, что позволило качественно и количественно оценить уровень загрязнения, который в дальнейшем был принят за фоновый [1-2]. Материалы Япономорской экспедиции 1957 г. уже свидетельствовали об изменениях в донных сообществах, связанных с последовательным заилением и загрязнением залива [3].

Экспедиция ТИНРО в 1970 г., одной из задач которой являлось сравнение полученных данных с материалами 30-х годов, привела новые величины, характеризующие современное состояние донных сообществ. Сравнение результатов двух экспедиций показало, что за период с 1925-33 по 1970 гг. в зал. Петра Великого произошли большие изменения: сократилась численность бентоса, произошла смена широко распространенных сообществ. В 1980-90-е гг. появились новые данные, подтверждающие тенденцию к дальнейшему изменению параметров среды и донных сообществ в отдельных районах зал. Петра Великого. Результаты химических анализов показали аномально высокие концентрации ТМ, НУ и ХОП в донных осадках восточной части Амурского залива, где содержание некоторых поллютантов превышали фоновый уровень в 7-10 раз.

### **Гидрометеорологический режим Амурского залива**

Амурский залив занимает северо-западную часть зал. Петра Великого и подразделяется на три части: северную мелководную, среднюю и южную открытую. Эстуарные воды занимают вершинные мелководные участки залива (глубины до 7 м). Прибрежные поверхностные воды (до дна) занимают большую часть акватории. Максимальная глубина составляет 53 м, а средняя – 20 м. Донные осадки залива характеризуются преобладанием пелитовой фракции (81-89 %), хотя в прибрежной части встречаются редкие включения гравия, а донные отложения срединной части представлены алевроитовыми илами с включениями песков [4].

Минимальная температура (от -1,6 до -1,9 °С) устанавливается в зимний период, максимальная отмечается в августе. Поверхностные слои вод прогреваются в среднем до 22 °С, у дна – до 13-17 °С.

Среднее многолетнее значение солёности в заливе изменяется от 26,5 ‰ в мелководных частях до 33,5 ‰ у входа в залив. Летом в центральной части Амурского залива воды опресняются в среднем до 20 ‰, максимальная солёность (до 38 ‰) наблюдается в вершине Амурского залива в январе. Минимум солёности (до 6 ‰) наблюдается в вершине залива в период таяния льда (март-апрель).

Воды залива в течение всего года хорошо аэрированы – среднегодовые концентрации кислорода в водной толще превышают насыщающую. У дна степень насыщения вод кислородом превышает 90 %.

Нарушения кислородного режима наблюдаются периодически в мелководных, хорошо прогреваемых участках, когда насыщение придонных вод кислородом падает ниже 30 % [5].

Максимальное количество биогенных элементов наблюдается в кутовой части залива из-за влияния речного стока и очистных установок на п-ове Де-Фриз. В южных открытых районах количество биогенных элементов приближается к величине их содержания в морских водах.

Исследования, выполненные в последние годы, показывают, что донные осадки восточной части залива содержат большое количество загрязняющих веществ вследствие влияния дампинга грунтов, а также сброса промышленных и бытовых сточных вод. Река Раздольная, несущая соединения азота и фосфора, взвешенное вещество, пестициды и другие загрязняющие вещества, также является источником загрязнения.

### **Материалы и методы**

Исходным материалом послужили сборы донных отложений за 1986-89 гг. и 2001 г.

На каждой станции отбирали не менее двух проб грунта дночерпателем ван-Вина (площадь захвата 0,11 м<sup>2</sup>). Проба считалась удовлетворительной, если поверхностный слой не был нарушен. На палубе из поверхностного слоя донных осадков изымалось примерно 50 г грунта для последующего анализа содержания нефтяных углеводородов, токсичных металлов и хлорорганических пестицидов. В целом, процедура отбора, обработки и анализа проб соответствовала российским и зарубежным методикам [6-8].

Содержание ТМ определялось методом непламенной атомно-абсорбционной спектрофотометрии, НУ – методом инфракрасной спектрофотометрии, ХОП – методом газовой хроматографии [4, 6]. Химический анализ выполнялся на базе Приморского управления по гидрометеорологии и контролю природной среды.

Для оценки уровня загрязнения районов использовали ординацию факторов антропогенного происхождения (концентрации загрязняющих веществ в донных осадках) методом анализа главных компонент (UNEP, 1995).

### **Результаты и обсуждения**

Результаты наблюдений за 1986-89 гг., выполненные на 30 станциях, свидетельствуют, что в прибрежной зоне, проходящей вдоль городского побережья, и подверженной воздействию загрязнения промышленными и бытовыми стоками, а также влиянию проводившегося здесь захоронения грунтов, были отмечены самые высокие концентрации ТМ и НУ. В северной части залива близ устья реки Раздольной зафиксированы максимальные концентрации хлорорганических пестицидов. Так, сумма ХОП и его метаболитов в донных осадках в 1986 г. составила 83,7 нг/г. Аналогичная величина, полученная в 1988 г., осталась на уровне 1986 г.

(89,1 нг/г). Отмеченные величины содержания пестицидов вдвое превышают пороговые концентрации и характерны для очень загрязненных акваторий (Ткалин, 1996). В южной части залива (станция 37) отмечено повышенное содержание углеводов и некоторых металлов. Содержание НУ и свинца в донных осадках в качестве показателей, характеризующих уровень антропогенного пресса в экосистеме Амурского залива, приведено на рис. 1 и в табл. 1.

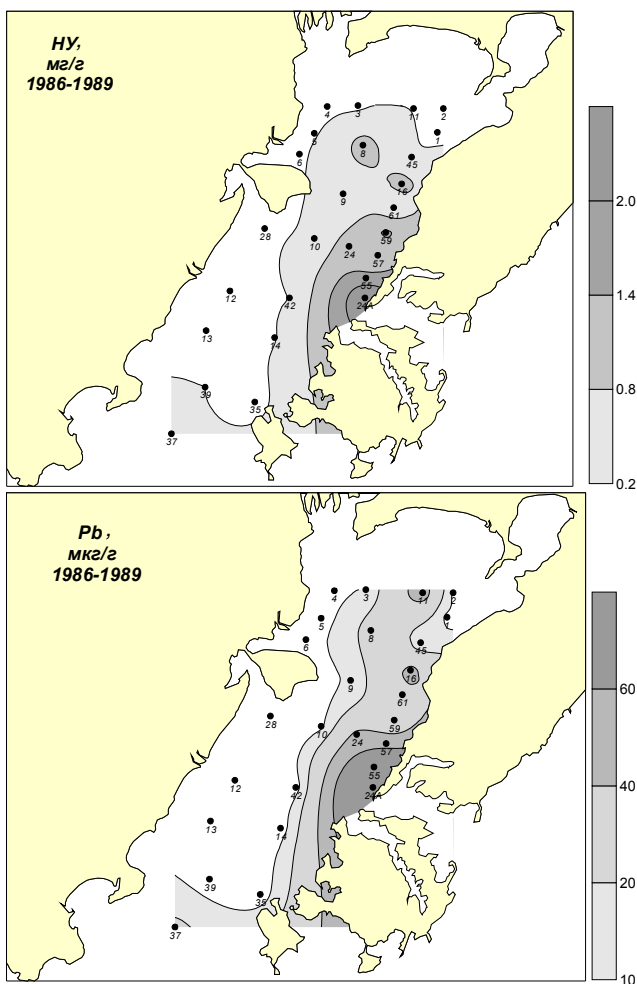


Рис. 1. Распределение НУ (мг/г) и свинца (мкг/г) в донных осадках Амурского залива в 1986-1989 гг.

Таблица 1

**Факторы среды Амурского залива в 1986-1989 гг.**

Станция	Глубина, м	Тип донных осадков	HУ, мг/г	Pb, мкг/г	Cu, мкг/г
24а	10	И, H <sub>2</sub> S	0.71	<b>32.0</b>	<b>30.0</b>
24d	20	И	2.79	<b>65.0</b>	<b>65.0</b>
24	22	ИП	1.09	<b>44.0</b>	<b>50.0</b>
24g	20	И	2.72	127.0	109.5*
24i	22	И	4.06	94.0*	90.0*
24v	10	И	0.35	29.0	<b>22.5</b>
8	20	И	1.05	26.0	16.1*
9	18	И	0.35	11.7	<b>16.7*</b>
16	8	И	1.03	<b>45.0</b>	5.0
55	18	И	1.58	82.0*	<b>61.0</b>
57	22	И, мазут	0.73	<b>54.0</b>	<b>51.0</b>
59	18	И, мазут	0.53	<b>47.0</b>	<b>44.0</b>
61	15	И	0.29	<b>35.0</b>	<b>40.0</b>
1	9	И	0.10	7.8	14.0
2	9	И	0.03	7.8	13.0
3	9	И	0.09	10.4	<b>15.6*</b>
4	8	И	0.05	7.8	<b>15.6*</b>
5	8	И	0.15	6.5	14.6
6	7	И	0.13	7.8	<b>15.6*</b>
10	16	И	0.03	7.8	13.0
11	8	И	0.19	<b>51.0</b>	<b>27.5</b>
12	19	И	0.11	7.8	12.5
13	17	ИП	0.15	5.2	8.8
14	21	ПИ	0.16	5.2	9.4
28	6	И, Гр	0.16	18	<b>20.0</b>
35	29	ИП	0.03	5.2	9.0
37	35	И	0.36	23.0	<b>35.0</b>
39	31	И	0.20	5.2	<b>20.0</b>
42	15	И	0.21	5.2	5.7
45	12	И	0.23	11.6	13.0

Примечание. И – ил; ПИ – песчаный ил; ИП – илистый песок; Гр – гравий; \* – концентрации, близкие к пороговым.

Концентрации HУ и отдельных ТМ (Cu, Cd, Pb, Zn, Fe) в донных осадках, измеренные на 30 станциях залива, были обработаны методом анализа главных компонент. Эта методика позволила выделить три группы станций, соответствующих районам с различной степенью загрязнения (рис. 2, табл. 2). Первый район включает участок дна с экстремально-высоким загрязнением грунтов, где содержания ТМ и HУ

превышают фоновые концентрации в 7-10 раз, участок дна у мыса Эгершельд, расположенный в зоне дампинга грунтов (ст. 24, а, g, i). Второй район охватывает восточную часть залива и занимает промежуточное положение между высоким и умеренным уровнями загрязнения. Третий район характеризуется умеренным и низким уровнями загрязнения, включает станции в северной и центральной частях залива.

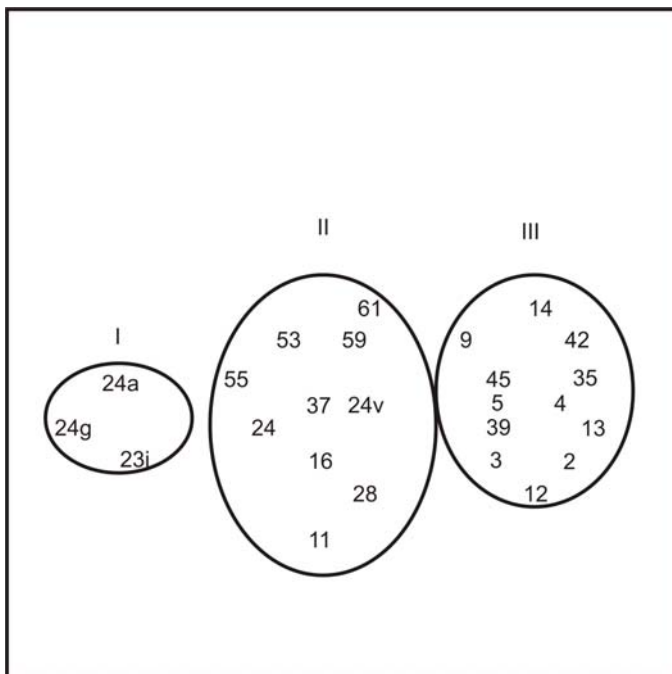


Рис. 2. Амурский залив. Ординация факторов среды методом анализа главных компонент. Нагрузка на две главные компоненты – 87 %:  
 I – экстремально-высокий уровень содержания НУ и ТМ;  
 II – высокий и умеренный уровни содержания НУ и ТМ;  
 III – умеренный и низкий уровни содержания НУ и ТМ

Таблица 2  
**Средние концентрации ТМ, мкг/г, и НУ, мг/г, в донных осадках отдельных районов Амурского залива в 1986-1989 гг.**

Район	Число станций	НУ	Cu	Pb	Zn
I	3	3.19	<b>88.17</b>	<b>95.33</b>	1078.33
II	11	0.64	<b>35.09</b>	41.82	<b>177.86</b>
III	15	0.15	12.70	7.53	58.09

Станция 8 расположена вне группировки II в связи с аномально высоким содержанием кадмия (39,1 мкг/г), однако параметры среды на этой станции близки к характеристикам группировки II (табл. 1, рис. 4).

В северной и западной частях залива содержание НУ в донных осадках составляет 0,21 и 0,19 мг/г соответственно. Содержание ТМ в отложениях было следующим: кадмия – от 0,5 до 1,0 мкг/г, меди – от 10 до 20 мкг/г, свинца – от 25 до 50 мкг/г, цинка – около 100 мкг/г. В центральной части содержание НУ в донных осадках изменялось от 0,21 до 0,36 мг/г. Концентрации металлов в грунтах в среднем составили: кадмия – от 0,5 до 2,5 мкг/г, меди – от 10 до 40 мкг/г, свинца – до 50 мкг/г, цинка – до 200 мкг/г соответственно (рис. 3, табл. 3).

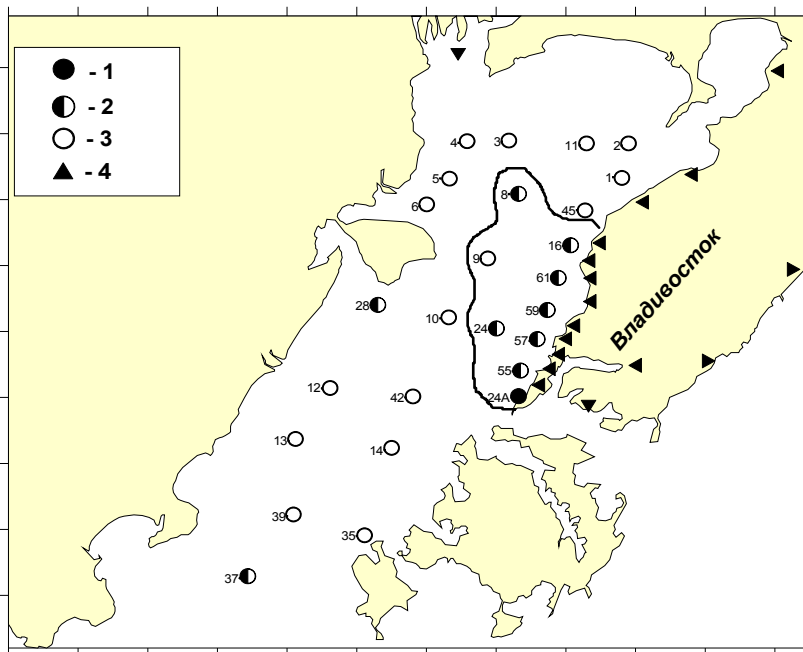


Рис. 3. Уровень загрязнения осадков и распределение донных сообществ Амурского залива в 1986-1989 гг.:

- 1 – экстремально-высокий уровень загрязнения ТМ и НУ;
- 2 – высокий и умеренный уровни загрязнения;
- 3 – умеренный и низкий уровни загрязнения;
- 4 – основные источники загрязнения залива

Экспедиция 2001 г. получила новые данные по факторам среды (табл. 3, рис. 4-5).

Таблица 3

Содержание загрязнителей в донных отложениях в 2001 г. (числитель) и в 1986-1990 гг. (знаменатель) (среднее  $\pm$  стандартное отклонение)

Факторы среды	Амурский залив
НУ, мг/г	0,10 $\pm$ 0,07
	0,62 $\pm$ 0,72
$\Sigma$ ДДТ, нг/г	7,91 $\pm$ 4,00
	10,74 $\pm$ 4,62
Рb, мкг/г	31,25 $\pm$ 16,00
	32,27 $\pm$ 33,59
Cu, мкг/г	21,31 $\pm$ 7,70
	27,39 $\pm$ 28,08
Cd, мкг/г	0,16 $\pm$ 0,63
	1,08 $\pm$ 0,89

Примечание. НУ – суммарное содержание нефтяных углеводородов;  $\Sigma$ ХОП – сумма ХОП и его метаболитов

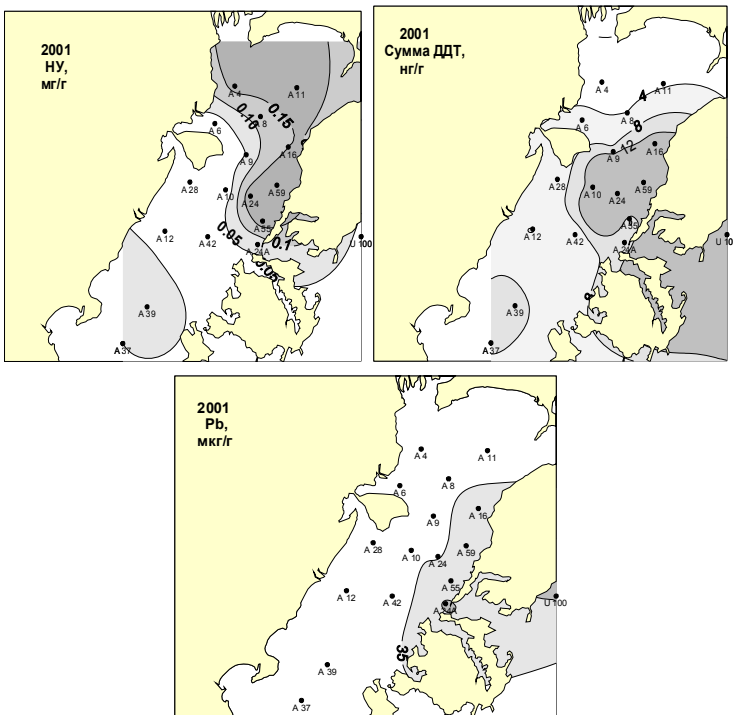


Рис. 4. Распределение отдельных загрязнителей в донных осадках Амурского залива в 2001 г.



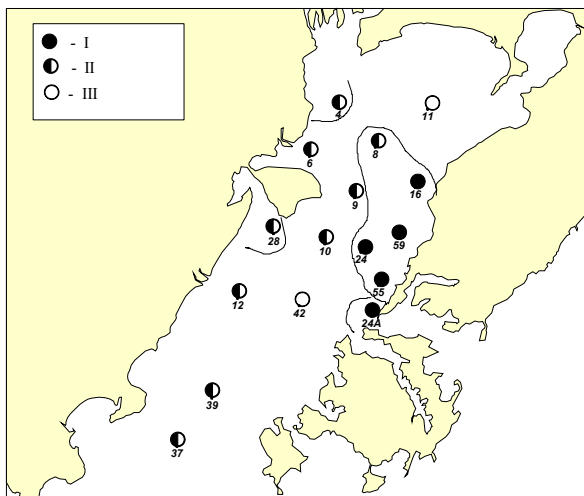


Рис. 5. Уровень загрязнения донных осадков и распределение сообществ бентоса Амурского залива в 2001 г.:

I – повышенный уровень содержания НУ, ТМ, ХОП;

II – промежуточный уровень содержания НУ, ТМ, ХОП;

III – низкий уровень содержания ТМ, ХОП, промежуточный – НУ

Из табл. 3 следует, что в 2001 г. произошло статистически значимое снижение концентраций НУ и кадмия в донных осадках Амурского залива, а также НУ, ДДТ и кадмия в отложениях Уссурийского залива. Анализ межгодовых вариаций вышеназванных поллютантов показал наличие статистически значимых отрицательных трендов в Амурском заливе – для НУ и кадмия и в Уссурийском заливе – для НУ, ДДТ, кадмия.

Полученные данные могут служить подтверждением, что уровень антропогенной нагрузки на экосистему Амурского залива несколько снизился, что связывают с общим экономическим кризисом. Однако объем сточных вод, зачастую неочищенных, сбрасываемых в Амурский залив, продолжает оставаться значительным и составляет 24,6 % от всего объема, поступающего в зал. Петра Великого (Огородникова, 2001). Большую часть (41,7 %) сбросов представляет легко окисляемое органическое вещество. Таким образом, на экосистему Амурского залива, в том числе и донные сообщества, как и 15 лет назад, основное негативное влияние продолжает оказывать процесс эвтрофикации вод.

### Библиографический список

1. *Belan T.A., Tkalin A.V., Lishavskaya T.S.* The present status of bottom ecosystems of Peter the Great Bay (the Sea of Japan) // *Pacific Oceanography*. 2003. Vol. 1. No. 2. P. 158-167.

2. Мокеева Н.П. Влияние сбросов различных отходов в морскую среду на гидробионтов // Исследование процессов при сбросе отходов в море. М.: Гидрометеиздат, 1983. С. 23-33.

3. Мокеева Н.П. Отклик морских биоценозов на сброс грунта // Итоги исследований в связи со сбросом отходов в море. М.: Гидрометеиздат, 1988. С. 89-104.

4. Методические основы комплексного экологического мониторинга океана. М.: Гидрометеиздат, 1988. 288 с.

5. Tkalin A.V. Chlorinated hydrocarbons in coastal bottom sediments of the Japan Sea // *Envir. Pollut.* 1996. Vol. 92. No. 2. P. 183-185.

6. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 191 с

7. Recommended Protocols for Sampling and Analyzing Subtidal Benthic Macroinvertebrate assemblages in Puget Sound. Seattle: US EPA, 1987.

8. UNEP: Statistical analysis and interpretation of marine community data. Reference Methods for Marine Pollution Studies. UNEP. 1995. No 64.

УДК 576.895

## **НЕМАТОДЫ ГОЛЬЦОВ КАМЧАТКИ: СОСТАВ И СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ, ГОСТАЛЬНОЕ И ТОПИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ**

**О.Ю. Горová, Дальрыбвтуз, Владивосток**

*Приведены оригинальные данные о гостальном и топическом распределении, а также составе и структуре сообществ нематод гольцов Камчатки. У гольцов рода *Salvelinus* озерно-речных систем Камчатки паразитирует 8 видов нематод 5 семейств. Каждый определенный вид нематод в большей степени характерен для гольцов одной из 20 исследуемых популяций. Указаны места топического предпочтения нематод желудочно-кишечного тракта гольцов.*

Паразитические нематоды (Nematoda Rudolphi, 1808) являются типичными сочленами биоценозов водоемов Камчатки. Повышенный интерес к этой группе организмов обусловлен тем, что многие из них – возбудители опасных инвазионных заболеваний человека и ценных промысловых рыб. Тихоокеанские лососи большую часть жизни проводят в море, и их незначительная связь с внутренними водоемами существует во время нереста.

Гольцы рода *Salvelinus*, принадлежащие семейству лососевых (*Salmonidae*), отряду лососеобразных (*Salmoniformes*), более тесно связаны с пресными водами, они являются неотъемлемой частью любой водной экосистемы на полуострове. Эта группа лососевых рыб сочетает в себе общую для семейства способность к образованию адаптив-

ных модификационных форм [7] с возможностью осваивать бедные по составу пресноводные озерно-речные системы высоких широт, существующие в экстремальных условиях среды, в которых многие другие виды рыб не встречаются, а также солоновато-водные и морские водоемы. Такая особенность гольцов позволяет использовать их для изучения экологии как пресноводных, так и морских видов паразитов.

Целью данной работы было установить состав и структуру сообществ нематод, их гостальное и топическое распределение у гольцов рода *Salvelinus* Камчатки.

Материалом для данного исследования послужили сборы паразитов с 353 экземпляров гольцов из водоемов нижнего и среднего течения р. Камчатка, озер Кроноцкое, Дальнее и Начикинское.

Сбор, фиксация и камеральная обработка паразитологического материала выполнялись по общепринятым методикам [6], с учетом особенностей работы с зафиксированным формалином материалом [15]. Нематоды фиксировались подогретым 4%-ным формалином и просматривались в растворе молочной кислоты с глицерином (отношение 1:1). Изучение червей проводили под микроскопом марки «Микмед», увеличение 10x10 и 10x40, измерение – с помощью окуляр-микрометра. Для морфометрического анализа были выполнены промеры 221 экземпляра нематод разных видов. Для выявления особенностей топического распределения и плотности имагинальной гемипопуляции нематод кишечника гольцов использованы данные о 1452 экземплярах червей. Для исследования гостального распределения нематод среди гольцов Камчатки использованы традиционные показатели зараженности: экстенсивность инвазии (ЭИ) – доля зараженных рыб в выборке, %; интенсивность инвазии (ИИ) – крайние значения числа паразитов в отдельной инвазированной рыбе; средняя интенсивность инвазии (Исп) – число паразитов в одной зараженной особи хозяина; индекс обилия (ИО) – среднее число паразитов, приходящееся на одну особь в изученной выборке хозяина.

У гольцов рода *Salvelinus* озерно-речных систем Камчатки паразитирует 8 видов нематод 5 семейств: *Anisakis simplex* (Rudolphi, 1809) *iarvae*, *Hysterothylacium aduncum* (Rudolphi, 1802) *iarvae*, *Rhabdochona oncorhynchi* (Fujita, 1921), *Cystidicoloides ephemeridarum* (Linstow, 1872), *Cystidicola farionis* Fisher, 1798, *Salvelinema salmonicola* (Ishii, 1916), *Cucullanus truttae* (Fabricius, 1794), *Philonema oncorhynchi* (Kuitunen-Ekbaum, 1933). По данным Т.Е. Буториной [2], у гольцов Камчатки, в частности туводной мальмы бассейна оз. Азабачье, встречается еще один вид нематод – *Pseudocapillaria salvelini*, который не был обнаружен в наших сборах, поэтому мы не включаем этого паразита в дальнейший анализ нематодного сообщества гольцов Камчатки.

Обнаруженные нами виды круглых червей имеют различную топическую приуроченность и по этому признаку могут быть распределены в несколько сообществ. Так, сообщество полости тела гольцов включает нематод *A. simplex*, *H. aduncum* и *Ph. oncorhynchi*. Личинки морских не-

матод семейства *Anisakidae* обнаружены нами преимущественно в полости тела рыб: на внутренних органах (преимущественно печени) и в толще мускулатуры, реже под кожей. В нескольких случаях у гольцов оз. Ушки и оз. Азабачье личинки *H. aduncum* были обнаружены в желудочно-кишечном тракте, что позволяет рассматривать этого паразита в качестве компонента не только полостного сообщества, но и кишечного. *Ph. oncorhynchi* способна как к «свободному перемещению» в полости тела среди внутренних органов, так и к образованию цист, которые могут заключать в себе по нескольку особей. Цисты располагаются преимущественно на печени, реже, при большом их количестве, – на кишечнике.

Сообщество нематод желудочно-кишечного тракта включает 5 пресноводных видов: *C. truttae*, *C. ephemeridarum*, *S. salmonicola*, *Rh. oncorhynchi* и *H. aduncum*, локализующиеся в желудке или кишечнике. Взрослые особи *C. farionis* обнаружены только в плавательном пузыре, но не в желудке или кишечнике, что отражает достаточно четкую топическую приуроченность этой нематоды.

### Гостальное распределение нематод гольцов Камчатки

Нематоды, обнаруженные у гольцов, являются видами довольно широко распространенными на Камчатке. Однако особенности водоемов с их часто различающимся составом гидробионтов (промежуточных хозяев нематод) и специфика образа жизни каждой отдельной популяции гольцов обуславливают значительные различия в качественном и количественном составе сообществ нематод каждой конкретной популяции гольцов (табл. 1).

Каждый определенный вид нематод в большей степени характерен для гольцов одной из 20 исследуемых популяций, только у озерного жилого гольца оз. Начикинского нематоды не были обнаружены. Нематода плавательного пузыря *Cystidicola farionis* наиболее интенсивно заражает каменного гольца р. Камчатка и совсем не отмечена у гольцов озер Ушки, Дальнего и Начикинского. Возможно, это связано с отсутствием или очень редкой встречаемостью в данных водоемах основного промежуточного хозяина этого паразита на Камчатке – реликтового ракообразного *Pontoporeia affinis*. Однако заражение рыб нематодой может происходить и через бокоплавов рода *Gammarus* [14], как, например, в оз. Кроноцкое [1] и планктонных ракообразных [17], при этом убедительных доказательств возможности реинвазии рыб нематодами плавательного пузыря в результате хищничества нет [18].

*Cystidicoloides ephemeridarum*, промежуточными хозяевами которого являются личинки поденок, не обнаружен нами у белого гольца рек Радуга и Камчатка и туводной мальмы оз. Дальнее. В большей степени эта нематода характерна для белого гольца оз. Кроноцкое (ЭИ = 93 %) и гольцам оз. М. Курсин (ЭИ = 50 %). *C. ephemeridarum* часто можно рассматривать в качестве индикатора пребывания и питания рыб в местах впадения рек и ручьев в озера, где концентрируются личинки поденок [18].

Таблица 1

## Гостальное распределение нематод гольцов Камчатки

Форма гольцов	Экстенсивность инвазии, %							
	<i>Cystidicola fatonis</i>	<i>Cystidicolides ephemeridarum</i>	<i>Cucullianus truttiae</i>	<i>Salviniema salmonicola</i>	<i>Rhabdochona oncorhynchi</i>	<i>Philonema oncorhynchi</i>	<i>Anisakis simplex</i>	<i>Hysterothylacium aduncum</i>
1. Ручевой гольец р. Пономарка	5,5	4,1	3,4	0	0	0	0	0
2. Туводная мальма бассейна оз. Азабачье	33,3	33,3	33,3	0	0	0	0	0
3. Туводный белый гольец бассейна оз. Азабачье	48,4	22,6	54,8	0	0	45,2	0	0
4. Проходной белый гольец бассейна оз. Азабачье	41,7	16,7	41,7	0	0	16,7	91,7	25,0
5. Гольцы Горного озера	0	33,3	66,7	0	0	0	0	0
6. Гольцы р. Радуга	25,0	0	25,0	0	0	25,0	50,0	25,0
7. Гольцы оз. М. Курсин	36,1	50,0	75,0	0	0	27,8	8,3	5,6
8. Проходной белый гольец р. Камчатка	18,2	9,1	25,0	0	0	9,1	5,7	4,3
9. Туводный белый гольец р. Камчатка	49,0	0	6,6	0	0	5,3	0	0
10. Гольцы, заходящие в бассейн оз. Ушки	0	33,3	55,6	11,1	0	0	22,2	11,1
11. Жилой гольец оз. Ушки	0	20,0	50,0	3,3	16,7	0	0	0
12. Гольец Крогиуса оз. Дальнее	0	40,0	15,0	60,0	0	50,0	0	0
13. Туводная мальма оз. Дальнее	0	0	26,7	33,3	0	17,5	0	0
14. Жилой гольец оз. Начикинское	0	0	0	0	0	0	0	0
15. Мальма бассейна оз. Начикинское	0	16,7	66,7	0	0	0	16,7	0
16. Мальма бассейна оз. Кроноцкое	10,7	3,8	4,6	0	0	4,5	0	0
17. Белый гольец оз. Кроноцкое	25,3	93,0	54,3	0	0	32,5	0	0
18. Носатый гольец оз. Кроноцкое	50,0	2,5	3,2	0	0	3,7	0	0
19. Длинноголовый гольец оз. Кроноцкое	11,0	0	10,0	0	0	91,7	0	0
20. Каменный гольец р. Камчатка	90,4	0	21,3	0	0	17,0	0	0

Реофильная *Cucullanus truttae* является самой распространенной нематодой среди гольцов Камчатки, при этом показатели зараженности ею достаточно высоки (табл. 1). Наряду со зрелыми паразитами часто встречались ювенильные особи, что свидетельствует о недавнем заражении рыб личинками III стадии, которые развиваются в личинках миног [18]. Наиболее часто этот паразит отмечен у гольцов оз. Малый Курсин, которые были отловлены в ручьях, впадающих в озеро, и на его мелководье [11].

*Salvelinema salmonicola* достаточно редко встречается у гольцов Камчатки. Этот паразит обнаружен нами только в двух водоемах: оз. Ушки [5] и оз. Дальнее [9]. Ранее она была отмечена лишь на юге полуострова – в оз. Курильское [12]. Обнаружение *S. salmonicola* в более северных водоемах расширяет представление о ее географическом распространении. Наиболее сильно она инвазирует озерно-речную мальму оз. Дальнее. Следует заметить, что С.М. Коновалов [12] для этой формы гольцов указывал заражение лишь *C. ephemeridarum*, который не был нами найден у туводной мальмы, но был обнаружен у жилого гольца этого озера – гольца Крогиус. Эти близкие виды нематод – представители одного подсемейства *Metabronematinae* – различаются вооружением головного конца, длиной глотки, наличием или отсутствием филаментов на яйцах и другими особенностями строения [14].

*Rhabdochona oncorhynchi* – является наиболее редким видом нематод у гольцов Камчатки и отмечен нами для них впервые только лишь у жилого гольца оз. Ушки [5].

*Philonema oncorhynchi* широко распространена среди гольцов Камчатки. Заражение этим паразитом может происходить как при питании планктонными ракообразными (их промежуточными хозяевами), так и в результате реинвазии при хищничестве [1; 3; 13]. Чаще всего гольцы инвазируются им на нерестилищах нерки (основной хозяин *Ph. oncorhynchi*) во время питания их икрой. Больше всего этим паразитом поражен длинноголовый голец оз. Кроноцкое (91,7 %) [10], так как он питается исключительно жилой неркой. *Ph. oncorhynchi* не отмечена нами у гольцов оз. Ушки и оз. Начикинское, а также у мальмы (ручьевого и озерно-речной) бассейна оз. Азабачье.

Морские нематоды *Anisakis simplex* и *Hysterothylacium aduncum* отмечены только у проходных гольцов [4; 5]. Эти паразиты являются надежным индикатором проходных рыб в пресных водоемах, так как способны сохраняться у них в течение всей жизни [2].

### **Топическое распределение нематод кишечного сообщества**

Кишечник рыб представляет собой специфическую для паразитов зону симпатрического обитания, в которой действуют все экологические закономерности, характерные для свободноживущих организмов в зонах симпатрии. Наиболее интересны отношения между таксономически

близкими видами паразитов, совместно использующими ресурсы одного органа (в данном случае – желудочно-кишечного тракта) [8], которые подчиняются правилу Г.Ф. Гаузе. Это правило конкурентного исключения для близкородственных или сходных по экологии видов говорит о том, что два вида не уживаются в одной экологической нише и выход из конкуренции достигается расхождением и разграничением экологических ниш видов, в таком случае они приобретают способность сосуществовать в одном биоценозе [16].

Табл. 2 и рисунок демонстрируют приуроченность различных видов кишечных нематод к определенным отделам желудочно-кишечного тракта.

Желудок как основное место обитания предпочитают два вида нематод: *C. ephemeridarum* и *S. salmonicola*. Нами ни разу не было зафиксировано нахождение этих двух видов нематод одновременно в одной рыбе, хотя они встречаются в рамках одной популяции рыб (например, у жилого ушковского гольца) [5]. Возможно, эти нематоды находятся в антагонистических отношениях, исключающих совместное существование, таким образом не просто снижая жесткость конкуренции, но и полностью ее исключая. При этом *C. ephemeridarum* в других отделах кишечника встречается единично, а *S. salmonicola* распределена по кишечнику достаточно равномерно.

Условия просвета кишки пилорического отдела являются оптимальными для обитания *C. truttae*, при этом другие виды круглых червей встречаются здесь гораздо реже. Пилорические придатки можно рассматривать в качестве приоритетного местообитания *Rh. oncorhynchi*. Эта нематода не была зарегистрирована нами в желудке и толстом кишечнике.

В тонком и толстом отделах кишечника нематоды обнаруживались крайне редко, вероятно, эти отделы ЖКТ не выбираются нематодами для существования, тогда так наиболее полно они используют передние отделы кишечника: желудок и пилорический отдел кишечника.

### **Плотность имагинальной гемипопуляции нематод кишечника гольцов**

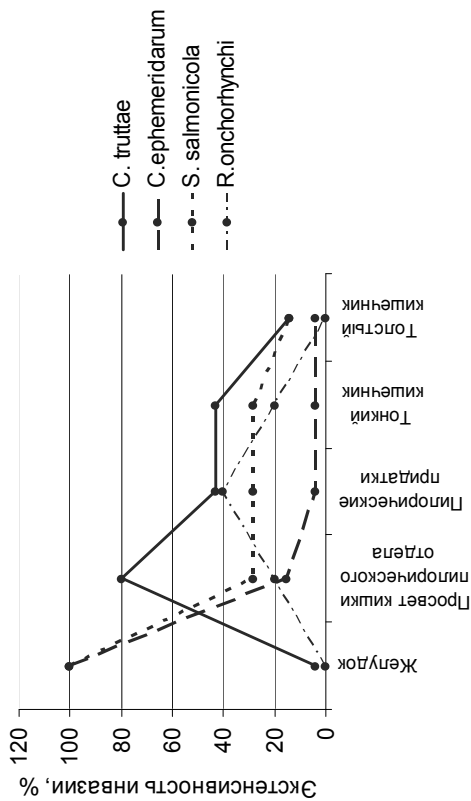
Плотность имагинальной (т.е. взрослых червей) гемипопуляции червей кишечника – это количество особей червей, обитающих в рыбе как в основном хозяине, приходящихся в среднем на единицу площади кишечника, посчитанное для всех исследованных рыб данного вида в конкретной популяции.

Плотность имагинальной гемипопуляции различных видов гельминтов позволяет более точно выявить места их топического предпочтения. На примере трематод рода *Crepidostomum* [8] было показано, что в местах топического предпочтения паразита наблюдается наибольшая плотность его имагинальной гемипопуляции.

Таблица 2

Топическое распределение нематод в ЖКТ голецов

Отделы ЖКТ	<i>Cucullianus truttae</i>		<i>Cystidicoloides ephemeridarum</i>		<i>Salvelineta salmonicola</i>		<i>Rhabdochona onchorhynchi</i>	
	ЭИ, %	ИИ, экз.	ЭИ, %	ИИ, экз.	ЭИ, %	ИИ, экз.	ЭИ, %	ИИ, экз.
Желудок	4,08	1	100	17,65	100	37,86	0	0
Просвет кишки пилорического отдела	79,59	5,27	15,39	2,25	28,57	11,0	20	1
Пилорические придатки	42,86	4,29	3,85	1	28,57	2,5	40	2
Тонкий кишечник	42,86	2,57	3,85	1	28,57	2,5	20	1
Толстый кишечник	14,29	1,17	3,85	1	14,29	1	0	0



Топическое распределение нематод в ЖКТ голецов



Наиболее хорошо эта закономерность прослеживается в существовании двух и более видов паразитов, использующих в качестве основного места локализации один орган. Так, два вида нематод *C. ephemeridarum* и *S. salmonicola* достигают наибольшей численности в желудке гольца. Нами была выявлена различная плотность популяций этих нематод в двух отделах V-образного желудка (табл. 3). Наибольшая плотность гемипопуляции *C. ephemeridarum* отмечена в короткой части желудка (0,249 экз./шт.), в то время как у *S. salmonicola* – в его длинной части (0,894 экз./шт.). Эти два паразита не были обнаружены нами вместе в желудке одной рыбы. Вероятно, между *C. ephemeridarum* и *S. salmonicola* существует механизм избегания прямой конкуренции: даже в отсутствие конкурента каждый вид максимально полно эксплуатирует именно свою экологическую нишу.

Таблица 3

**Плотность имагинальной гемипопуляции нематод ЖКТ  
гольцов, экз./см<sup>2</sup>**

Локализация		<i>Cucullanus truttae</i>	<i>Cystidicoloides ephemeridarum</i>	<i>Salvelinema salmonicola</i>	<i>Rhabdochona oncorhynchi</i>
Желудок	Передняя часть (длинная)	0	0,096	0,894	0
	Задняя часть (короткая)	0	0,249	0,265	
Просвет кишки пилорического отдела	Передняя часть (от желудка)	0,74	0,056	0,043	0,058
	Задняя часть (к тонкому кишечнику)	0,97			
Пилорические придатки	Передняя часть (от желудка)	0,0082	0,00046	0,00051	0,00092
	Задняя часть (к тонкому кишечнику)	0,29			
Тонкий кишечник	Передняя часть (от пилорического отдела кишечника)	0,73	0,0017	0,193	0,0015
	Задняя часть (к толстому кишечнику)	0,12			
Толстый кишечник	Передняя часть (от тонкого кишечника)	0	0,0017	0,221	0
	Задняя часть	0,095			

Различная плотность имагинальной гемипопуляции *C. truttae* в разных отделах ЖКТ демонстрирует приуроченность этого вида к задней части пилорического отдела (просвет кишки) и месту соединения его с тонким кишечником.

*Rh. onchorhynchi* – наиболее малочисленный вид нематод у гольцов Камчатки. Он отмечен нами лишь у 5 экземплярах ушковского гольца, при этом интенсивность инвазии не превышала 2 экземпляра на рыбу [5]. Наиболее часто этот паразит был отмечен в пилорических придатках.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о неравномерном распределении паразитических нематод среди различных популяций и видов гольцов Камчатки, а *Cucullanus truttae* наиболее обычен среди гольцов Камчатки, а *Rhabdochona onchorhynchi* является у них одним из самых редких видов. Выявлены особенности локализации нематод в различных отделах желудочно-кишечного тракта. Конкурентные отношения кишечных нематод подчиняются правилу Г.Ф. Гаузе.

Выражаю искреннюю благодарность за помощь в определении материала Т.Е. Буториной (Дальрыбвтуз); в получении и сборе материала В.А. Паренскому и В.А. Журба (ИБМ ДВО РАН), Е.А. Шевлякову (КамчатНИРО), Д.В. Зиновьеву и сотрудникам Ушковского наблюдательного пункта СевВострыбвода, а также студентам Ю.К. Петруненко, Г.И. Ушакову, Е.А. Морозу.

Исследование выполнено при поддержке гранта Ученого Совета Дальрыбвтуза, Тихоокеанской комиссии по охране окружающей среды и природных ресурсов и Фонда Гарри Мура, Фонда имени Бориса Курпермана в 2006 г.

### Библиографический список

1. Атрашкевич Г.И., Орловская О.М., Михайлова Е.И., Фролов С.В., Романов Н.С., Репин М.Ю. Гельминты лососевых рыб Кроноцкого озера (Камчатка) // Паразитологические исследования в Сибири и на Дальнем Востоке: Матер. II межрегиональной науч. конф. Новосибирск: Арт-Авеню, 2005. С. 8-10.

2. Буторина Т.Е. Экологический анализ паразитофауны гольцов (*Salvelinus*) реки Камчатки // Популяционная биология и систематика лососевых. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1980. С. 65-81.

3. Буторина Т.Е., Шедько М.Б. Об использовании паразитологических данных для дифференциации молоди нерки в озере Азабачье // Паразитология. Т. 23. Вып. 4. 1989. С. 302-308.

4. Буторина Т.Е., Горовая О.Ю. Использование паразитов-индикаторов для изучения гольцов в бассейне озера Азабачье (Камчатка) // Научные труды Дальрыбвтуза. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2006. Вып. 18. С. 102-110.

5. Буторина Т.Е., Горовая О.Ю. Паразитофауна жилого гольца озера Ушки // Проблемы патологии, иммунологии и охраны здоровья рыб и других гидробионтов-2: Расширенные матер. Междунар. конф. Борок-М.: Россельхозакадемия, 2007. С. 483-487.
6. Быховская-Павловская И.Е. Паразиты рыб. Руководство по изучению. Л.: Наука, 1985. 121 с.
7. Викторовский Р.М. Механизмы видообразования у гольцов Кроноцкого озера. М.: Наука, 1978. 106 с.
8. Горовая О.Ю. Особенности распределения *Crepidostomum farionis* и *S. metoecus* у озерно-речной мальмы озера Дальнего (Камчатка) // Экология в современном мире, взгляд ученой молодежи: Матер. Всероссийской конф. молодых ученых. Улан-Удэ, 2007. С. 20-23.
9. Горовая О.Ю., Буторина Т.Е. Паразитофауна озерно-речной мальмы (*Salvelinus malma*) озера Дальнее на Камчатке // Научные труды Дальрыбвтуза. Вып. 19. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2007. С. 174-181.
10. Горовая О.Ю., Буторина Т.Е. Экологические особенности гольцов рода *Salvelinus* озера Кроноцкое на Камчатке // Матер. VIII Дальневосточной конф. по заповедному делу. Благовещенск: БГПУ, 2007. С. 100-104.
11. Горовая О.Ю., Буторина Т.Е. Паразитофауна гольцов озера Курсин из нижнего течения реки Камчатка // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Матер. VIII междунар. науч. конф. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2007. С. 34-37.
12. Коновалов С.М. Дифференциация локальных стад нерки *Oncorhynchus nerka Walbaum*. Л.: Наука, 1971. 229 с.
13. Куренков С.И. Две репродуктивно изолированные группы жилой нерки *Oncorhynchus nerka Kennerlyi (Suckley)* Кроноцкого озера // Вопр. ихтиол. Т. 17. Вып. 4. (105). 1977. С. 597-606.
14. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Т. 3. Паразитические многоклеточные. Л.: Наука, 1987. Ч. 2. 583 с.
15. Пугачев О.Н. Паразиты пресноводных рыб Северной Азии (фауна, экология паразитарных сообществ, зоогеография) // Автореф. ... д-ра биол. наук. СПб., 1999. 50 с.
16. Степановских А.С. Экология: Учеб. для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 703 с.
17. Трофименко В.Я. Материалы по гельминтофауне пресноводных и проходных рыб Камчатки // Труды гельминтологической лаборатории. Т. XII. М.: Изд-во АН СССР, 1962. С. 232-262.
18. Moravec F. Parasitic nematodes of freshwater fishes of Europe. Praga, 1994. 473 p.

## МОРФОФИЗИОЛОГИЯ ОБОНЯТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА ТРЕСКОВЫХ (GADIDAE)

М.А. Дорошенко, Дальрыбвтуз, Владивосток

У представителей тресковых (*Gadus macrocephalus*, *Eleginus gracilis*, *Theragra chalcogramma*) отмечены сходство в форме обонятельной розетки, билатеральное расположение складок, наличие зачаточности вторичной складчатости как следствие группирования рецепторных клеток. Наибольшим развитием всех параметров обонятельного анализатора обладает тихоокеанская треска. Высокоразвитое обоняние как полисенсорный хеморецептор наряду с развитым зрением и сейсмочувствительностью обуславливают адаптивные приспособления и широкий экологический ареал тресковых.

Тресковые рыбы являются широко распространенными представителями ихтиофауны. К ним принадлежит ряд видов, представляющих основу мирового рыбного промысла. Тресковые ведут подвижный образ жизни, совершают дальние миграции и образуют большие скопления (Световидов, 1949, 1953; Фадеев, 1984; Моисеев, 1989; Шунтов и др., 1993; Новиков и др., 2002; Соколовский и др., 2007). В поведении тресковых рыб большое значение имеют разные сенсорные системы, функциональное взаимодействие которых обеспечивает полисенсорную ориентацию (Павлов, 1962; Чинарина, 1985; Девицина, 1997; Касумян, 2005 и др.). Большинство представителей имеет хорошо развитую хеморецепцию. Сравнительное морфофункциональное и электрофизиологическое исследование обонятельной системы тресковых показало высокую степень развития обонятельной рецепции, которая участвует в регуляции различных форм поведения (Девицина, 1972; Белоусова и др., 1978; Малюкина и др., 1974, 1985; Дорошенко, 1981, 1997, 2004). Наиболее высокий уровень обонятельной чувствительности отмечен у пресноводного представителя тресковых – налима (*Lota lota L.*). Особенности строения и степень развития отделов головного мозга являются важными систематическими признаками различных видов тресковых и находятся в зависимости от экологических факторов (Световидов, 1953).

Нами проведено морфофункциональное исследование органа обоняния у морских представителей семейства тресковых – Gadidae: тихоокеанской трески (*Gadus macrocephalus*), дальневосточной наваги (*Eleginus gracilis*), минтая (*Theragra chalcogramma*). Для световой микроскопии фиксацию материала проводили в 10%-ном нейтральном формалине, жидкостях Буэна и Карнуа, при определении липидов – в формалин-кобальт-кальциевой смеси по Мак-Манусу. Гистологические препараты готовили по классической прописи (Пирс, 1962; Меркулов,

1969). Готовые препараты изучали и фотографировали в световых микроскопах фирм «Ergoval», «Olympus» model BHT с использованием Olympus Photomicrographic System Model PM-10AD.

Обонятельные капсулы исследованных представителей тресковых расположены на дорсальной стороне головы и открываются наружу двумя отверстиями. Входное отверстие округлой формы (рис. 1, а) снабжено кожистым козырьком, что способствует лучшему попаданию воды в обонятельный мешок. Выходное отверстие окружено у трески и наваги невысоким кожным «воротничком», у минтая – крупное, серповидное, без клапана.

На дне обонятельной камеры расположена крупная розетка, складки которой отходят билатерально относительно соединительно-тканной септы. Число складок у трески 30-40, у минтая 24-28, у наваги 20-22. Обонятельная луковица стебельчатая (рис. 1, в).

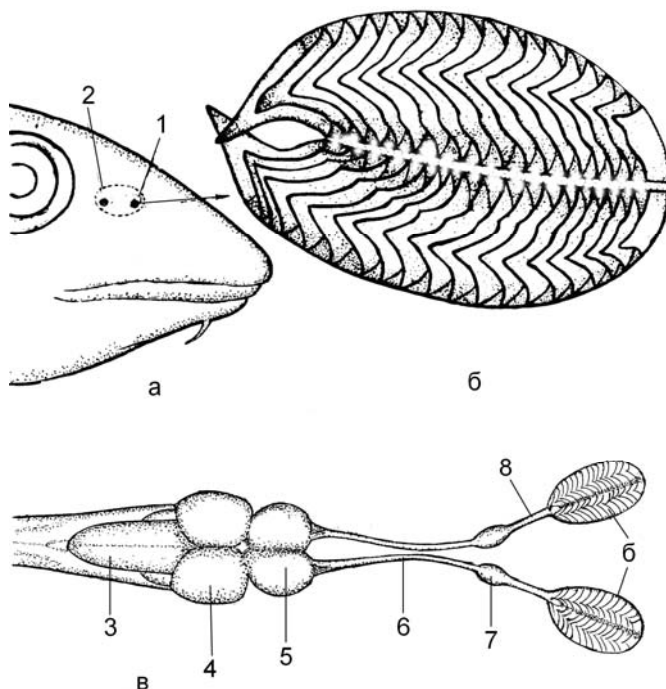


Рис. 1. Схема строения органа обоняния тихоокеанской трески (*Gadus macrocephalus*): а – расположение обонятельных отверстий; 1 – входное отверстие, 2 – выходное отверстие; б – обонятельная розетка; в – мозг и обонятельный анализатор: 3 – мозжечок; 4 – средний мозг; 5 – конечный мозг; 6 – обонятельный тракт; 7 – обонятельные луковицы; 8 – обонятельный нерв

Обонятельный нерв короткий: от 2-3 мм у наваги до 4-5 мм у трески. Длина обонятельных трактов от 20 мм у наваги до 38 мм у трески. Они связаны с передним мозгом, поступают в мантию и оканчиваются в переднем и латеральном обонятельных ядрах. Передний мозг наиболее развит у трески, ведущей придонный, сумеречный и ночной образ жизни. Для минтая характерно преимущественное развитие мозжечка и зрительных долей. Экологические коэффициенты тресковых отражают степень развития их обонятельной рецепции по сравнению со зрительной: треска – 60,22, навага – 50,60, минтай – 25,33. Форма складок в розетке клинообразная или языкообразная (см. рис. 1, б). Кaudальные пластины наиболее удлинены. Наибольшие размеры обонятельной розетки и число складок в ней отмечены у тихоокеанской трески (до 40 шт.). Складки наибольшей величины достигают у трески, длина их в среднем 2,3 мм, у минтая – 1,6 мм, у наваги – 1,5 мм. Ширина первичных складок у трески и наваги примерно одинакова (в среднем 247 и 240 мкм соответственно). У минтая она значительно больше – 318,4 мкм за счет прослойки соединительной ткани, а также значительных булавовидных расширений каудальных складок.

Верхушки складок покрыты индифферентным эпителием, толщина которого близка для всех тресковых рыб (у трески от 22,5 мкм до 60,0 мкм, в среднем 46-48 мкм). Сенсорный эпителий расположен на боковых поверхностях складок и в углублениях между ними (рис. 2-4). Толщина сенсорного эпителия в основании складок 91,6 мкм, в углублениях между складками до 112 мкм. Сужение сенсорного эпителия до 51-74 мкм наблюдается в области перехода в индифферентный эпителий у верхушек складок (рис. 2, а; 3, а). Отношение слоя базальных клеток к опорно-ольфакторному слою 1:5. Иногда отмечается значительное сужение базального слоя до одного ряда клеток, который составляет 1/8 часть от эпителиального пласта.

Количественное распределение рецепторных клеток вдоль поверхности складки неравномерно. Группировки их перемежаются скоплениями опорных и секреторных клеток, что наиболее выражено у минтая (рис. 4, а, б). Выпуклый характер таких скоплений (высотой от 120 до 400 мкм) создает на отдельных участках впечатление вторичной складчатости, которая, однако, не является у морских тресковых регулярным образованием, что отмечено также и у беломорских тресковых (Девичина, 1972). Только орган обоняния пресноводного представителя тресковых – налима – обладает выраженной вторичной складчатостью, наличие которой, вероятно, служит приспособлением для увеличения функциональных возможностей органа путем выдвижения в полость обонятельной камеры группировок рецепторных клеток. Рецепторные клетки у тресковых представлены тремя формами: колбочковидными, палочковидными и нитевидными. Ядра этих клеток лежат на самых разных уровнях рецепторного слоя эпителия, не образуя каких-либо упорядоченных рядов. Между ними лежат более крупные округлые или овальные ядра опорных клеток. Профильное поле рецепторных клеток у трески – 31,3 мкм<sup>2</sup>, у минтая – 30,5 мкм<sup>2</sup>, у наваги – 30,3 мкм<sup>2</sup>. Количественное распределение сенсорных элементов характерно для каждого

вида. Треска обладает наиболее крупными рецепторными клетками, большинство которых имеет палочковидную форму, более многочисленны они в середине и у основания складок. Плотность их на 100 мкм поверхности сенсорного эпителия у трески 37, у минтая 32,4 шт. У наваги рецепторных клеток сравнительно немного, в основном палочковидной формы, они редко образуют скопления. Плотность их в среднем 28,7 шт. на 100 мкм. Ядра рецепторных клеток у тресковых крупные, веретеновидные (рис. 2-4). Профильное поле их у трески в среднем – 17,7 мкм<sup>2</sup>, у минтая – 19,2 мкм<sup>2</sup>, у наваги – 16,3 мкм<sup>2</sup>. Ядра опорных клеток овальные или округлые с хорошо выраженными зернышками хроматина, часто двуядрышковые. Профильное поле: треска – 24 мкм<sup>2</sup>, минтай – 25 мкм<sup>2</sup>, навага – 19,5 мкм<sup>2</sup>. Базальные клетки в виде глыбок разной величины прилегают к базальной мембране. Ядра их меньше ядер рецепторных и опорных клеток.

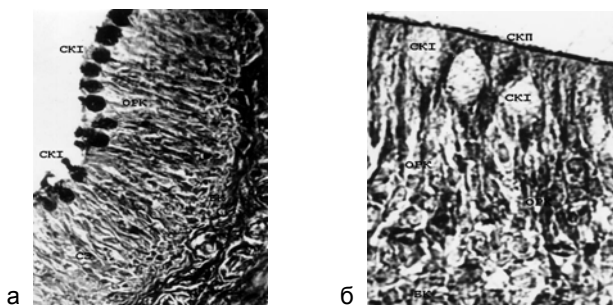


Рис. 2. Обонятельный эпителий тихоокеанской трески (*Gadus macrocephalus*): а – окраска реактивом Шиффа, увел. 8 x 24; б – реакция тетразониевого сочетания, увел. 8 x 45

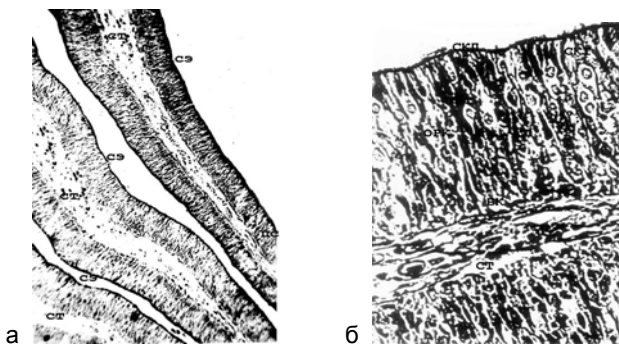


Рис. 3. Обонятельный эпителий дальневосточной наваги (*Eleginus gracilis*): а – складки обонятельной розетки, окраска альциановым синим, увел. 8 x 10; б – реакция тетразониевого сочетания, увел. 8 x 24

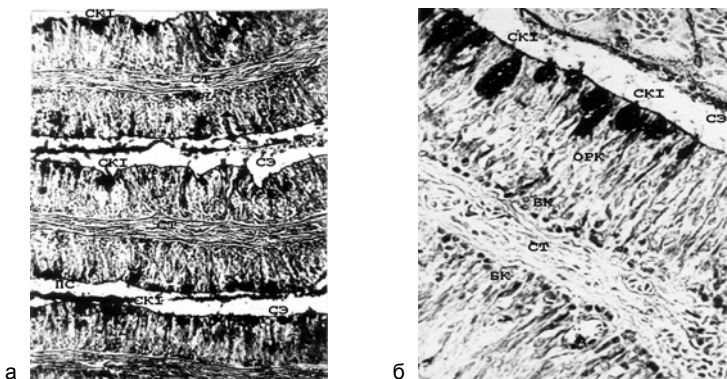


Рис. 4. Обонятельный эпителий минтая (*Theragra chalcogramma*):  
 а – складки обонятельной розетки, окраска методом Хейла, увел. 8 x 10;  
 б – фрагмент складки, окраска альциановым синим, увел. 8 x 24

Секреторные клетки в обонятельной выстилке тресковых представлены I и II типами. Наиболее многочисленны клетки I типа в обонятельной выстилке трески и минтая. Профильное поле их колеблется в зависимости от функционального состояния: у трески – от 72 до 364  $\mu\text{м}^2$ , у минтая – от 64 до 414  $\mu\text{м}^2$ . Плотность их в сенсорном эпителии у трески – 5,9, у минтая – 5,0 шт. на 100  $\mu\text{м}$ , в индифферентном эпителии у трески – 14,1, у минтая – 7,4 шт. на 100  $\mu\text{м}$  (рис. 2, а, б; 4, а, б). В обонятельной выстилке наваги секреторные клетки I типа немногочисленны (рис. 3 а, б). Профильное поле их в среднем – 164,7  $\mu\text{м}^2$ , плотность в сенсорном эпителии – 0,42, в индифферентном – 2,8 шт. на 100  $\mu\text{м}$ . Малые секреторные клетки (II тип) расположены в зоне апикальных отделов опорных клеток и имеют вид компактных капсул с контрастным ядром и эозинофильной цитоплазмой (рис. 2, б; 3, б). Профильное поле их у всех тресковых близко: у трески – 52,1  $\mu\text{м}^2$  (при функциональных колебаниях от 16,2 до 93,5  $\mu\text{м}^2$ ), у минтая – 49,4  $\mu\text{м}^2$ , у наваги – 51,2  $\mu\text{м}^2$ . Плотность секреторных клеток II типа: у трески – 3,8, у минтая – 5,0, у наваги – 5,9 шт. на 100  $\mu\text{м}$ . Секреторную функцию в сенсорном эпителии тресковых несут также опорные клетки, о чем свидетельствует хорошо выраженная вакуолизация их апикальных отделов (рис. 2, б) (Дорошенко, Тищенко, 1984).

Таким образом, все исследованные виды семейства тресковых обладают сходством в строении обонятельного анализатора и головного мозга. Мозг тресковых характеризуется значительно развитым передним мозгом, сильно развитым мозжечком, расположенным над продолговатым мозгом, позади тесно соприкасающихся зрительных долей, между которыми тело мозжечка (*corpus cerebelli*) почти не вдается. Для обонятельного анализатора характерно стебельчатое расположение обонятельных луковиц. Для всех тресковых отмечено сходство в форме



розетки, билатеральное расположение складок в ней, наличие зачаточности вторичной складчатости как следствие группирования рецепторных клеток. Секреторные элементы в обонятельном эпителии тресковых представлены секреторными клетками I и II типов. Профильное поле и плотность секреторных клеток II типа стабильны у всех видов. Размеры и плотность секреторных клеток I типа в сенсорном и индифферентном эпителии видоспецифичны и связаны со средой обитания. Наименьшие их значения отмечены у наваги.

Наибольшим развитием всех параметров обонятельного анализатора обладает тихоокеанская треска, что коррелирует с экологией и пищевым поведением (донный хищник). Значения экологического (60,22) и ольфакторного (16,84) коэффициентов, индекса переднего мозга (12,5) позволяют отнести ее в группу макросматиков (Дорошенко, 1981, 1997, 2004).

Дальневосточная навага обладает более умеренными параметрами обонятельного анализатора, что связано с особенностями ее экологии как прибрежного бентофага. По экологическому (50,60) и ольфакторному (12,03) коэффициентам, индексу переднего мозга (11,8) этот вид относится к группе медиосматиков. Минтай характеризуется наиболее низкими значениями экологического коэффициента (25,33 %), что обуславливает его положение на нижней границе в группе медиосматиков. Однако число складок в розетке (24), значительная общая площадь обонятельного эпителия, высокое значение ольфакторного коэффициента (9,81), а также индекс конечного мозга (8,3) свидетельствуют о хорошо развитой обонятельной рецепции. Относительно низкое значение экологических коэффициентов объясняется не деградацией органов обоняния, а развитием фоторецепции, увеличением площади зрительной сетчатки в связи с особенностями обитания в широком диапазоне глубин как в пелагиали, так и в придонных горизонтах.

Высокоразвитое обоняние как полисенсорный хеморецептор наряду с развитым зрением и сейсмодативной чувствительностью обуславливают адаптивные приспособления и широкий экологический ареал тресковых.

УДК 595.5:599.745

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СЕРЫХ КИТОВ (*ESCHRICHTIUS GIBBOSUS ERXLEBEN, 1777*) У СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ САХАЛИНА**

**Н.В. Дорошенко, Дальрыбвтуз, Владивосток**

*Проведенные береговые маршрутные учеты серых китов охотско-корейской популяции на северо-восточном шельфе о. Сахалин позволили выявить целый ряд общих закономерностей и особенно-*

*стей пространственно-временной структуры распределения животных в районе зал. Пильтун – основной акватории их летне-осеннего нагула.*

В условиях активного воздействия антропогенных факторов – ведущегося в последние годы интенсивного освоения нефтегазоносных месторождений в северо-восточных водах о. Сахалин – огромную важность приобретает сохранение биоразнообразия этого региона. Наиболее остро эта проблема стоит для обитающей здесь в летне-осенний сезон крайне малочисленной охотско-корейской популяции серых китов, включенных в высшие категории списка «Critically Endangered» Международного союза охраны природы (IUCN) и Красной книги России.

Основной нагульный район этой популяции находится в непосредственной близости от разрабатываемых в настоящее время в рамках проектов «Сахалин-1» и «Сахалин-2» Пильтун-Астохского, Одоптинского и Чайвинского месторождений, что обуславливает необходимость изучения важнейших аспектов биологии серых китов и проведения ежегодного мониторинга популяции. До недавнего времени популяция считалась полностью истребленной, однако экспедиционные исследования 80-90-х гг. XX столетия показали, что небольшое количество этих китов сохранилось. Они были обнаружены в прибрежной зоне северо-восточного Сахалина в сентябре 1983 г. (Blokhin et al., 1985). С этого времени проводятся целенаправленные экспедиционные работы по мониторингу данной популяции в этом районе, включая береговые, судовые и авианаблюдения, видеосъемку, фотоидентификацию, взятие биопроб для генетических исследований, бентосную съемку. Активизация исследований сразу же дала свой результат. В сентябре 2001 г. был обнаружен новый район скопления серых китов, названный «Морской район» на траверзе заливов Чайво и Ныйский в 30-40 км от берега, где киты активно кормились. Однако ключевым местом летнего нагула серых китов этой популяции на сегодняшний день остается район, примыкающий к заливу Пильтун (Пильтунский район), и ему уделяется повышенное внимание, так как вблизи него обнаружены большие запасы углеводородных месторождений. Поэтому с 2004 г. здесь было начато осуществление полномасштабной программы береговых учетов серых китов с применением автомобилей, позволяющих учетным группам быстро перемещаться с одного наблюдательного пункта на другой, минимизируя погрешности, связанные с перемещениями китов вдоль берега.

Общая численность популяции в последние годы была оценена приблизительно в 120-130 голов, что позволяло надеяться, при существующем полном запрете промысла, на постепенное ее восстановление. Однако оптимистические прогнозы резко осложнились в связи с разработками нефтегазовых месторождений в районе нагула китов с трех установленных в этом районе платформ: «Моликпак», «Орлан» и «Пильтун-Астохская-Б (ПА-Б)». Предполагалось, что активизация раз-

работок нефтегазовых месторождений вблизи нагульного района серых китов значительно повлияет на их состояние в худшую сторону. Собранные за последние годы данные в ходе исследований свидетельствуют о довольно низком репродуктивном потенциале популяции серых китов, в связи с чем темпы воспроизводства в ней в целом невелики. В настоящее время в популяции насчитывается не более 20-25 продуцирующих самок, а общее количество детенышей в среднем составило около 5-6 особей в год. Но исследования, проведенные в последние годы на шельфе северо-восточного Сахалина с привлечением авиации, судовых и береговых наблюдений, не выявили какого-либо прямого или косвенного антропогенного воздействия на эту популяцию со стороны нефтяных компаний (Владимиров, 2004; Владимиров и др., 2006). Во время проведения активных сейсморазведочных работ в 2001 г. наблюдались лишь незначительные перемещения китов в пределах нагульного ареала. При установке в последние годы буровых платформ «Орлан» и «ПА-Б» также каких-либо негативных изменений в поведении китов не отмечено. Возможно, серые киты как обитатели прибрежных акваторий эволюционно приспособились к присутствию различных судов и не испытывают при этом каких-либо значительных стрессовых состояний и, видимо, не только в местах нагула, но, вероятно, и на дальних миграционных путях и районах зимовки. Тем не менее активное освоение в этом районе полезных ископаемых и дальнейшее их развитие, конечно, вызывают тревогу за дальнейшую судьбу охотско-корейской популяции серых китов.

Мировой опыт свидетельствует о неблагоприятных экологических последствиях в районах многолетних нефтегазозаботок даже при соблюдении всех природоохранительных законов. Так, в районах добычи нефти в Мексиканском заливе, несмотря на кажущееся благополучие общей биопродуктивности, отмечены высокие концентрации ртути как в тканях различных промысловых видов рыб, так и значительное (в 10-11 раз) превышение предельно допустимой концентрации метилртути у людей – жителей данных районов, потребляющих рыбу в пищу. Это вызывает нарушение функции деторождения, неврологические и сердечно-сосудистые отклонения, слепоту, глухоту, нарушение речи, а также летальный исход. Загрязнение ртутью, содержащейся в буровых растворах, наиболее интенсивно в пределах 200-метрового радиуса вокруг платформы, и концентрация ртути остается опасно высокой в течение 12 лет после прекращения бурения. Исследования показали, что платформы нефтегазовых разработок, образуя своеобразные экосистемы, обеспечивают почти идеальные условия для преобразования ртути в метилртуть и распространение ее по пищевой цепи (Raines, 2002).

Охотско-корейская популяция серых китов оказалась под влиянием токсических и акустических воздействий нефтегазовых разработок совсем недавно (эксплуатация первой платформы «Моликпак» начата с 1998 г.), и пока эти факторы не отражаются на ее численности и по-

ведении, но в то же время происходят необратимые изменения, связанные с накоплением токсикантов объектами кормовой базы и передачей их по трофической цепи (Мойсейченко и др., 2001). Нефтяные компании «Эксон Нефтегаз» и «Сахалин Энерджи», реагируя на острую экологическую ситуацию, сложившуюся в связи с влиянием нефтеразработок на состояние уникальной популяции серых китов, обеспечили создание комплексной Программы изучения и мониторинга охотско-корейской популяции серых китов у северо-восточного побережья острова Сахалин.

В настоящее время охотско-корейская популяция серых китов находится под пристальным вниманием специалистов ВНИРО, ИБМ ДВО РАН, ТОИ ДВО РАН, а также российско-американской группы. В результате получена достоверная информация по распространению и сезонной динамике китов в районе нагула у северо-восточного Сахалина, отмечены особенности социального и репродуктивного поведения, характер коммуникаций и двигательной активности, состояние бентосной экосистемы как основной кормовой базы.

Проведенные в 2004-2006 гг. береговые маршрутные учеты серых китов охотско-корейской популяции на северо-восточном шельфе о. Сахалин позволили выявить целый ряд общих закономерностей и особенностей пространственно-временной структуры распределения животных и ее межгодовой динамики в основной акватории их летне-осеннего нагула в районе зал. Пильтун. Ежегодно киты образуют в Пильтунском районе два четко локализованных скопления, первое из которых, более крупное, располагается в северной части района, а второе – около устья зал. Пильтун, причем эти две агрегации существуют и сохраняют свое местоположение на протяжении более 20 последних лет.

В результате исследований удалось четко выделить основной период нагула серых китов в водах Сахалина, который занимает около 2 месяцев – с конца июля по начало октября.

Подавляющее большинство животных (95-98 %) держится на удалении не более 5 км от берега, преимущественно в водах с глубинами от 6 до 15 м (65-80 %), что объясняется высокой биомассой кормового бентоса на этих изобатах.

Большая часть серых китов в Пильтунском районе (около 80 %) кормится поодиночке; формирование больших групп животных (до 6 особей) приурочено к местам повышенной концентрации кормовых объектов в пределах скоплений.

Распределение пар «самка-детеныш», встречающихся исключительно в Пильтунском районе, было одинаковым для всех сезонов исследований – они концентрировались преимущественно в пределах скопления около устья зал. Пильтун и в более мелководной южной части района.

Береговые исследования серых китов, проведенные в летне-осенний период 2007 г., выявили существенные различия в их распреде-

лении и численности по сравнению с предыдущими годами. Было установлено, что в северной половине Пильтунского нагульного района плотные группировки китов отсутствовали, но произошло увеличение их численности в южной части района. По предварительным данным исследования бентоса (основного корма серых китов), к последнему году возросла биомасса амфипод в районе зал. Чайво, и поэтому здесь, вероятно, наблюдалось увеличение численности китов. Зарегистрировано образование устойчивого скопления китов в устье зал. Пильтун. Отмечено общее снижение числа серых китов по всему Пильтунскому району. Максимальное их количество определено в 73 особи (131 кит в 2006 г.).

Уменьшение численности китов в Пильтунском районе могло бы вызвать резонанс в связи с деятельностью нефтяников. Но серые киты были зафиксированы в Морском районе в количестве 36 голов за один учет. Кроме того, около 30 китов этого вида были обнаружены у юго-восточного побережья Камчатки. Больше половины их нагуливались на шельфе Сахалина и на Камчатке как в разные годы, так и в пределах одного сезона.

Несмотря на то что в ходе проведенных исследований не выявлено видимого негативного воздействия промышленной деятельности человека на распределение серых китов, должны быть приняты все меры к тому, чтобы не допустить нарушения пространственно-временной структуры их группировки в сезон нагула и обеспечить сохранение уникальных прибрежных биотопов, играющих ключевую роль для существования охотско-корейской популяции.

### Библиографический список

1. *Владимиров В.А.* Современное состояние изученности охотско-корейской популяции серых китов // Морские млекопитающие Голарктики. М., 2004. С. 129-132.

2. *Владимиров А.В., Владимиров В.А., Стародымов С.П. и др.* Распределение и численность серых китов (*Eschrichtius robustus*) охотско-корейской популяции в прибрежных водах северо-восточного Сахалина в июне-октябре 2005 г. (по данным береговых учетов) // Морские млекопитающие Голарктики. СПб., 2006. С. 135-141.

3. *Мойсейченко Г.В., Блинов Ю.Г., Симоконов М.В.* Влияние нефтегазовых разработок на объекты прибрежного рыболовства // Человек в прибрежной зоне: опыт веков. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2002. С. 59-69.

4. *Blokhin S.A. Maminov M.K. and Kosygin G.M.* On the Korean-Okhotsk population of gray whales // Rep.Int. Whaling Comm. 1985. V. 35. P. 375-376.

5. *Raines Ben.* In «Newhouse News Service», 2002.

## **МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ И ЦИТОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭПИТЕЛИЕВ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОГО ТРАКТА МАЛЬКОВ КЕТЫ**

**Е.А. Жадько, Дальрыбвтуз, Владивосток**

*Изучены гистологическая организация и клеточный состав эпителиев желудка и кишечника молоди кеты. Выстилающий эпителий слизистой оболочки желудка представлен призматическими слизистыми клетками, которые по своим цитохимическим и ультраструктурным свойствам сходны с такими же клетками у взрослых особей кеты. Железы желудка образованы одним типом клеток, продуцирующих пепсиноген и соляную кислоту. В составе кишечного эпителия выделены два основных клеточных типа: энтероциты и бокаловидные слизистые клетки, по своему строению принципиально не различающиеся у молоди и взрослых особей. Характерным признаком клеток эпителия желудка и кишечника является наличие в них крупных липидных вакуолей. Обсуждаются причины возникновения липидных включений.*

### **Материал и методика**

Изучена гистологическая организация желудка и среднего отдела кишечника молоди кеты малькового периода развития [1]. В работе использованы 10 животных первого малькового этапа развития размером 6,5-7,0 см и весом 3,0-3,5 г (кету содержали в пресной воде при температуре 6,5 °С в аквариальной ТИНРО о. Попова) и 10 животных второго малькового этапа развития размером 8,5-9,0 см и весом 20-25 г (сбор материала проводили у западного побережья Камчатки летом 1985 г.). Кусочки ткани желудка и кишечника фиксировали в спирт-уксусной смеси (3:1), 10%-ном нейтральном формалине и жидкости Буэна. Материал обезжовивали в спиртах и заключали в парафин по общепринятой методике [2]. Парафиновые срезы толщиной 4-6 мкм окрашивали гематоксилиноэозином и Конго красным.

Для гистохимических исследований использовали ШИК-реакцию (на нейтральные мукополисахариды), окраску альциановым синим и по Моури (кислые мукополисахариды), реакцию Фельгена и окраску суданом В (на липиды) [3, 4]. Для электронно-микроскопических исследований материал фиксировали на фосфатном буфере в течение 4 часов с постфиксацией 1%-ным раствором  $OsO_4$ . Срезы изготвливали на ультратоме ИКВ-III. Полутонкие срезы окрашивали метиленовым синим – основным фуксином. Ультратонкие срезы контрастировали цитратом свинца и просматривали под микроскопом JM-100B.

## Результаты

Пищеварительный тракт молодежи кеты анатомически полностью сформирован. Желудок дифференцирован на корпус и пилорус. В проксимальном отделе кишечника количество пилорических придатков приближается к дефинитивному, развиты средний и задний отделы кишечника.

Проведенные нами морфобиохимические и ультраструктурные исследования не выявили существенных различий в организации пищеварительных эпителиев у исследованных животных. В связи с этим мы приводим одновременное описание гистоструктуры эпителиев желудка и среднего отдела кишечника для кеты первого и второго малькового периодов развития.

**Желудок.** Эпителий, выстилающий складки и желудочные ямки слизистой оболочки желудка молодежи кеты, представлен призматическими слизистыми клетками, которые по своим цитохимическим и ультраструктурным характеристикам не различаются у кеты первого и второго малькового периодов жизни. Гистоморфологическая организация эпителия желудка молодежи кеты во многом сходна с описанной для взрослых особей. В апикальной части клеток выявляется секрет, богатый нейтральными и кислыми мукополисахаридами. При исследовании ультраструктуры в апикальной зоне клеток выявлены овальные электронно-плотные гранулы секрета, в области ядра располагаются митохондрии, комплекс Гольджи, продольно ориентированные цистерны шероховатого эндоплазматического ретикулума.

Латеральные плазматические мембраны в средней и базальной части клетки формируют ламеллярные складки. Из структурных особенностей, характерных для выстилающего эпителия желудка мальков кеты и не обнаруженных у взрослых особей, следует отметить гомогенные вакуоли диаметром до нескольких микрон, которые заполняют преимущественно подъядерную область клеток (полутонкие срезы). На электронных микрофотографиях такие вакуоли выглядят мелкозернистыми, осмиофильными. Положительная реакция клеток при окраске суданом черным В на липиды позволяет заключить, что эти вакуоли представляют собой липидные включения.

Эпителиальные клетки в области желудочных ямок по своим цитохимическим и ультраструктурным признакам не отличаются от клеток на поверхности складок. В зоне перехода от выстилающего эпителия к железистому находятся специальные щечные клетки, морфологически сходные с теми же клетками у взрослой кеты. Следует отметить, что система трубчатых эпителиальных желез у мальков кеты развита значительно слабее по сравнению с взрослыми особями. В составе железистого эпителия выявлен один тип клеток, которые по своей структуре и цитохимии не отличаются от клеток желез желудка взрослой кеты. Апикальная поверхность этих клеток снабжена длинными цитоплазматическими выростами, напоминающими микроворсинки. Цитоплазма

клеток слабобазофильна; при окраске Конго красным (с контролем) дает только положительную реакцию. В цитоплазме развита тубовезикулярная система, шероховатый эндоплазматический ретикулум, много митохондрий и зимогенных гранул.

**Кишечник.** В эпителии среднего отдела кишечника молодки кеты так же, как и у взрослых особей выделено 2 основных типа дифференцированных клеток – энтероциты и бокаловидные слизистые клетки. Кишечные энтероциты мальков по основным цитохимическим и ультраструктурным характеристикам не отличаются от энтероцитов взрослых особей. На апикальной поверхности всасывающих клеток четко различима ШИК-положительная щеточная кайма. Цитоплазма клеток гомогенная, умеренно базофильная. Цитохимическими методами в ней выявлены белки, РНК, липиды. Апикальная плазматическая мембрана формирует развитую систему микроворсинок. Микропиноцитозные каналы между микроворсинками отсутствуют. В субапикальной зоне цитоплазмы содержатся умеренное количество гладких везикул, свободные рибосомы и мелкие частицы липидов. В области ядра встречаются участки шероховатого эндоплазматического ретикулума, митохондрии, мелкие мембранные везикулы. В базальной части энтероцитов содержатся свободные рибосомы, микрофиламенты. Умеренно развита складчатость латеральной и базальной плазматической мембраны. Характерным признаком энтероцитов мальков кеты, отличающим их от всасывающих клеток взрослых особей, являются крупные липидные вакуоли до нескольких микрон в диаметре. Липидные вакуоли встречаются на всех уровнях абсорбционной клетки, за исключением терминальной сети. Особенно много липидных включений обнаружено в энтероцитах на вершинах складок. Бокаловидные слизистые клетки по структурным и цитохимическим признакам у мальков и взрослой кеты оказываются сходными.

### Обсуждение

Выстилающий эпителий желудка молодки кеты в сравнении с взрослыми особями имеет отличительные особенности: в цитоплазме клеток обнаружены крупные липидные вакуоли, локализованные в основном в надъядерной области. В ряде исследований, выполненных светооптическими методами, указывается на возможность липидной абсорбции в желудке некоторых костистых рыб вскоре после их кормления или во время нахождения в желудке пищи и отсутствие её у голодавших особей [5, 6, 7, 8]. Исследования ультраструктуры выстилающих эпителиев желудка рыб единичны и проводились только на взрослых особях коралловой рыбки, линя и морского сома [8, 9, 10]. При этом несмотря на общие для изученных видов рыб закономерности строения эпителиальных клеток (слизистые гранулы, продольно ориентированный шероховатый эндоплазматический ретикулум, складки латеральной мембраны) в этих работах не отмечено каких-либо призна-



ков липидной абсорбции. Следует подчеркнуть, что и у взрослой, активно питающейся кеты в выстилающем эпителии желудка также не обнаружено липидных включений.

Интересно отметить, что у мальков кеты, в течение суток не получивших пищу липидные вакуоли в клетках сохраняются. Возможно, отсутствие выраженных признаков абсорбции липидов у взрослых рыб связано с какими-то функциональными особенностями пищеварительного тракта. Известно, например, что у млекопитающих условия для расщепления жиров в желудке крайне неблагоприятны. Соляная кислота и пепсин разрушают натуральную и искусственную жировые эмульсии в желудке, в результате чего жир образует большие капли и не подвергается гидролитическому расщеплению липазой [11].

Можно предположить, что подобные процессы происходят в желудке у костистых рыб, в частности у взрослой кеты. У мальков кеты, как мы отмечали в результатах, система желез в желудке развита значительно слабее по сравнению с взрослыми формами. По-видимому, несколько снижена выработка ими пепсиногена и соляной кислоты. Все это, возможно, и создает более благоприятные условия для работы ферментов, осуществляющих гидролиз жира с последующим его всасыванием клетками выстилающего эпителия желудка.

В этой связи интересно исследование пищеварительного тракта молоди чавычи, в котором автор описывает липидные капли в выстилающем эпителии желудка рыб после кормления оливковым маслом [5]. Наиболее крупные капли жира были обнаружены в эпителии пилорического отдела желудка, где, по мнению автора, кислотность была значительно ниже, чем в корпусном отделе. Таким образом, анализ результатов наших исследований и литературных данных позволяет предположить, что выстилающий эпителий желудка молоди кеты способен абсорбировать липиды и накапливать их в виде вакуолей. Отсутствие липидных включений в эпителии желудка взрослых особей свидетельствует, возможно, об определенных отличиях в физиологии пищеварения у молоди и взрослых животных. Высказанное нами предположение требует дальнейших исследований и экспериментального подтверждения.

В эпителии кишечника молоди кеты так же, как и в выстилающем эпителии желудка, были выявлены липидные вакуоли. Морфологически сходные липидные вакуоли были обнаружены в проксимальном отделе кишечника карповых рыб [12-15], а также в кишечнике и пилорических придатках у стальноголового лосося и морского окуня [16-19]. Известно, что у костистых рыб передние отделы кишечника являются основными местами абсорбции липидов. Однако причины аккумуляции липидов в виде крупных вакуолей в цитоплазме энтероцитов пока не ясны. Так, Стробанд [13] полагает, что образование липидных вакуолей в кишечном эпителии карпа вызвано неадекватным усилением процесса абсорбции липидов энтероцитами и выведением их в соединительную ткань по мере миграции клеток на вершину складки. В кишечном

эпителии млекопитающих процесс всасывания жира также наиболее интенсивно протекает в клетках на вершине ворсинки [20]. Блок выведения липидов из энтероцита может быть обусловлен снижением ферментативной активности в стареющей клетке. По мнению других авторов, липидные вакуоли могут служить формой временного запасания клетками жирных кислот при введении пищи, содержащей очень много липидов. Мелкие липидные частицы транспортируются в соединительную ткань. Активное участие в этом принимают складки плазматической мембраны и межклеточные пространства, в которых видны липидные капли. Наши наблюдения в большей степени соответствуют последней гипотезе. В пользу такого предположения говорит и тот факт, что при исследовании нами ультраструктурной организации всасывающих клеток взрослой кеты картин аккумуляции липидов в виде вакуолей обнаружить не удалось.

Таким образом, при использовании адекватных методов исследования (гистологических, цитохимических и электронно-микроскопических) было показано, что морфо-биохимическая организация пищеварительных эпителиев желудка и кишечника молоди кеты имеют принципиальное сходство. Присутствие липидных вакуолей в эпителии желудка и кишечника мальков, по-видимому, отражает определенные особенности функционального состояния пищеварительного тракта молоди кеты.

### Библиографический список

1. *Смирнов А.Н.* Биология, размножение и развитие тихоокеанских лососей. М.: Изд-во МГУ, 1975. 335 с.
2. *Ромейс Б.* Микроскопическая техника. М.: Иностранная литература, 1953. 540 с.
3. *Пирс Э.* Гистохимия. М.: Иностранная литература, 1962. 759 с.
4. *Лилли Р.* Патогистологическая техника и практическая гистохимия. М.: Мир, 1969. 645 с.
5. *Barrington E.W.* Gastric digestion in low vertebrates // *Biol. Rev.* 1942. Vol. 17. P. 1-27.
6. *Dawes B.* The histology of the alimentary tract of the plaice // *Quart. J. Micr. Sci.* 1930. Vol. 73. P. 243-274.
7. *Blake J.H.* Studies on the comparative histology of the digestive tube of certain teleost fishes // *J. Morphol. Physion.* 1930. Vol. 50. P. 39-70.
8. *Stroband H.W.* The development of the protein macromolecules // *Cell Tiss. Pes.* 1981. Vol. 215. P. 397-415.
9. *Noaillac-Depeyre J.N.* Types cellulaires l' estomac, assurant la production de suc gastrique chez *Ameiurus nebulosus* // *Biologie Cellulaire.* 1978. Vol. 31. P. 181-190.
10. *Ling N., Tan V.* Fine structure of the gastric epithelium of the coral fish // *Cuvier Okajmas Folia Anat. Jpn.* 1975. Vol. 51. P. 285-310.
11. *Черниговский А.Н.* Физиология пищеварения. Л.: Наука, 1974. 761 с.

12. *Gauthier J.F.* The relationship of ultrastructural and cytochemical features to absorptive activity in the gold-fish intestine *Carassius auratus* // *Anat. Rec.* 1972. Vol. 172. P. 675-702.
13. *Stroband H.W.* Growth and diet structural adaptations of the digestive tract in juvenile grasscarp // *J. Fish. Biol.* 1977. Vol. 11. P. 167-174.
14. *Stroband H.W.* The ultrastructural and renewae of the intestinal epithelium of the juvenile grass carp // *Cell Tissue Res.* 1978. Vol. 187. P. 181-200.
15. *Noaillac-Depeyre J.N.* Fat absorption by the euterocytes of the carp // *Cell Tissue Res.* 1974. Vol. 155. P. 353-365.
16. *Ezeasor D.N.* Light and electron microscopic studies on the absorptive cells of intestine, caeca and rectum of the adult rainbow trout *Salmo gairdneri* // *J. Fish. Biol.* 1981. Vol. 18. P. 527-544.
17. *Bauermeister A.E.* An electron microscopic study of lipid absorption in the pyloric caeca of rainbow trout fed wax ester rich Zooplankton // *Cell Tissue Res.* 1979. Vol. 200. P. 475-486.
18. *Noaillac-Depeyre J.N.* Structure and function of the intestinal epithelial cells in perch // *Anat. Rec.* 1979. Vol. 195. P. 621-639.
19. *Vernier J.M.* Etude ultrastructurale de la suthese de chylomicrons au cours de l'absorption intestinal des lipides chus la truite // *Biol. Cell.* 1981. Vol. 40. P. 47-62.
20. *Tried J.S.* Electron microscopy of the small intestine // *Gastroenterology.* 1965. Vol. 49. P. 574-603.

УДК 628.32:54

## **ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ БЕЛКОВЫХ ВЕЩЕСТВ**

**Н.Н. Жамская; С.А. Машкова; Л.С. Бянкина; Н.П. Шапкин,  
Дальрыбвтуз, Владивосток**

*Исследованы процессы сорбции белка из сточных вод пищевых предприятий с применением модифицированных цеолитов и вермикулитов на завершающей стадии. Рекомендованы к использованию для доочистки сточных вод от белковых веществ следующие сорбенты: цеолит, модифицированный 3%-ным хитозаном; вермикулит и цеолит, модифицированные ферроферрицианидными комплексами ( $FeCl_3 + K_4[Fe(CN)_6]$ ).*

Цель работы – изучение возможности применения новых сорбентов для доочистки СВ от белков и оценка эффективности их применения для улучшения экологической ситуации водных объектов.

Основным водным объектом, принимающим неочищенные сточные воды (СВ), является Японское море, его бухты и заливы вдоль берего-

вой полосы. В заливы Японского моря ежегодно сбрасывается от 420 до 450 млн м<sup>3</sup> вод, содержащих 97 % загрязняющих веществ. В настоящее время в Приморском крае находится на учете 171 очистное сооружение с проектной производительностью 237,3 млн м<sup>3</sup>/г., с фактической нагрузкой 111,2 млн м<sup>3</sup>/г., в том числе очистных сооружений биологической очистки – 95 шт.; очистных сооружений механической очистки – 61 шт.; – очистных сооружений физико-химической очистки – 15 шт. Обеспечивают нормативную очистку сточных вод лишь 19 очистных сооружений с проектной производительностью 103,9 млн м<sup>3</sup>/г., фактической нагрузкой 45,3 млн м<sup>3</sup>/г. [1]. Поэтому разработка технологий очистки СВ и утилизации промышленных отходов немыслима без включения в технологический процесс стадии доочистки СВ на сорбентах, так как применяемые на водоочистных сооружениях технологии очистки не позволяют сегодня получить чистую воду, соответствующую нормам ПДК, кроме того, теряются дополнительные высококачественные продукты.

Анализ литературных данных позволяет сделать вывод, что наиболее перспективным и рациональным для доочистки сточных вод является использование природных алюмосиликатов (цеолита, вермикулита, глины) после изменения физической и химической природы поверхности последних [2]. С этой целью для получения модифицированных сорбентов были использованы цеолит Чугуевского и вермикулит Кошкарковского месторождений Приморского края. Впервые в качестве модификатора нами был использован хитозан со степенью дезацетилирования 85 %, полученный на предприятии «Восток-Бор».

Как было показано ранее, совместное модифицирование хитозаном и феррицианидным комплексом природных сорбентов: цеолита и вермикулита – позволило соединить нежесткость хитозановой пленки и средство металлцианидных комплексов к пептидам. Наиболее перспективны в технологическом отношении композиционные сорбенты, имеющие одновременно свойства нескольких компонентов: емкость цеолита, низкий удельный вес и бездиффузионность вермикулита, высокая емкость по аминогруппам, пластифицирующая и склеивающая способность хитозана. Для получения композиционных сорбентов использовали цеолит, вермикулит и хитозан. Сравнительный анализ образцов показал, что наилучшей сорбционной способностью обладают сорбенты с содержанием вермикулита 40 %. При дальнейшем увеличении его содержания наблюдается падение сорбции, что связано со стерическими затруднениями при осаждении частиц вермикулита на гранулу цеолита. Хитозан в сорбенте играет роль одновременно модификатора и клея, который закрепляет вермикулит на поверхности цеолита.

Для повышения эффективности очистки СВ предлагается технология на основе электрохимических и сорбционных методов. Они сочетают в себе компактность, наименьшую зависимость от внешних условий, выгодно отличаются дешевой и экологической безопасностью, предусматривают использование вторичных ресурсов. Такое сочетание нивелирует недостатки каждого из методов и позволяет интенсифицировать процессы очистки СВ. В качестве объектов исследования были

взяты СВ рыбокомбината (производство фарша минтая), сточные воды хладокомбината и мясокомбината г. Владивостока. Уровень загрязнения и степень очистки контролировали по величинам ХПК (табл. 1).

Таблица 1

**ХПК сточных вод в зависимости от метода их очистки**

Методы очистки	Уровень загрязнения		
	ХПК рыбокомбината	ХПК мясокомбината	ХПК хладокомбината
Исходные СВ	350	475	575
Коагуляция	304	403	517
Электрофлотация	161	213	258
Сорбция	87,5	118	143

Результаты опыта показали, что снижение ХПК в статических условиях происходит  $\approx$  на 70 % (по белку на 58 %), что недостаточно для повторного использования воды в технологических процессах. Поэтому для дальнейших исследований в качестве фильтра нами были использованы модифицированные сорбенты, а в качестве сорбата – промывные воды фарша минтая. Концентрация белка после стадии электрофлотации СВ составляла  $\sim$  1 мг/мл. Доочистку сточных вод проводили на природных и модифицированных алюмосиликатах (13 сорбентов). Результаты исследований представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Сорбции белка из промывных вод производства фарша минтая на модифицированных и природных сорбентах при исходной концентрации, равной 1,00 мг/мл**

№ образца	Вид сорбента	Равновесная концентрация $c_p$ , мг/мл	Максимальная сорбция $a$ , мг/г
1	Цеолит + $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ + $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	0,37	8
2	Цеолит + $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ + $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	0,28	17
3	Цеолит + $\text{CuSO}_4$	0,54	23
4	Цеолит + $\text{Cu SO}_4$ + $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	0,22	32
5	Цеолит + $\text{FeCl}_3$ + $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	0,32	44
6	Исходный цеолит	0,42	12
7	Вермикулит + $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ + $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	0,30	23
8	Вермикулит + $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ + $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	0,95	50
9	Вермикулит + $\text{CuSO}_4$	0,74	9,0
10	Вермикулит + $\text{CuSO}_4$ + $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	0,65	27
11	Вермикулит + $\text{FeCl}_3$ + $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	0,15	67
12	Вермикулит + хитозан	0,48	34
13	Исходный вермикулит	0,95	4,7

Введение ионов  $Fe^{3+}$ ,  $Cu^{2+}$  цианогрупп в поверхностный слой создает условия для образования прочных связей аминогрупп белков с поверхностью, что приводит к увеличению адсорбции белка. Модификация вермикулита и цеолита хитозаном также заметно увеличивает адсорбируемость белка по сравнению с исходными сорбентами. Здесь, очевидно, происходит взаимодействие функциональных групп хитозана с amino- и карбоксильными группами белка, которое накладывается на физическую сорбцию белка и в итоге увеличивает его адсорбируемость. Это свидетельствует о превалировании сил хемосорбционного взаимодействия молекул белка с поверхностью, модифицированной хитозаном, над силами физической адсорбции.

Таким образом, модификация вермикулита ферроферрицианидным комплексом, цеолита хитозаном и цеолита ферроферрицианидным комплексом позволяет получить адсорбент, специфический по отношению к белковым компонентам раствора. Степень доочистки СВ по белку на модифицированных сорбентах колеблется от 68 % до 75 %, а на немодифицированных сорбентах от 5 % (вермикулит) до 60 % (цеолит). Поэтому мы рекомендуем для доочистки СВ пищевых предприятий следующие образцы: вермикулит + ферроферрицианидный комплекс, цеолит + хитозан, цеолит + ферроферрицианидный комплекс.

### **Библиографический список**

1. *Огородникова А.А.* Эколого-экономическая оценка воздействия береговых источников загрязнения на природную среду и биоресурсы залива Петра Великого. Владивосток: ТИПРО-Центр, 2001. 193 с.

2. *Арипов Э.А.* Природные минеральные сорбенты, их активирование и модифицирование. Ташкент: Фан УзССР, 1970. 240 с.

УДК 595.384.2

### **РЕПРОДУКТИВНАЯ БИОЛОГИЯ СПИЗУЛЫ САХАЛИНСКОЙ (SPISULA SACHALINENSIS) В ЛЕТНЕ-ОСЕННИЙ ПЕРИОД В ЗАЛИВЕ ПОСЬЕТА**

**Г.Г. Калинина, Дальрыбвтуз, Владивосток**

*Исследована репродуктивная система самок спизулы сахалинской. Морфологические изменения, происходящие в гонадах половозрелых самок в июне, соответствуют преднерестовой стадии, в июле, августе – нерестовой. В сентябре наступает посленерестовая стадия.*

Сахалинская спизула *Spisula sachalinensis* (Schrenk) – тихоокеанский приазиатский нижнебореальный вид из семейства мактрид. Обитает у берегов Приморья, Сахалина и у Японских островов. [1]

Спизула сахалинская обычно раздельнополый моллюск, гермафродиты встречаются очень редко. Половозрелость у этих моллюсков наступает на втором-третьем году жизни. Гонады помещаются в верхней части ноги и в период накопления половых клеток просвечивают через ее мышечный слой.

В преднерестовый период гонады самок и самцов по цвету не отличаются и окрашены в бледно-молочный цвет [2]. Парные половые железы состоят из множества ацинусов, переходящих в ветвящиеся трубочки, которые открываются в тонкие выводные каналы. Каждая гонада имеет гонодукты, которые заканчиваются двумя щелевидными отверстиями. Гаметы выводятся через сифон. Оплодотворение наружное, с прохождением личинками пелагической стадии [3].

Репродуктивный цикл спизулы сахалинской делая на стадии: половой инертности (I), начала гаметогенеза (II), активного гаметогенеза (III), преднерестовую (IV), нерестовую (V) и посленерестовую (VI) [6].

*Стадия половой инертности* – вдоль спавшихся и утолщенных стенок ацинусов располагаются гнезда оогониев и мелкие растущие ооциты.

*Стадия начала гаметогенеза* – характеризуется повышенной пролиферацией зародышевых клеток. В ацинусах самок преобладают оогонии, изредка встречаются ооциты малого роста. Стенки ацинусов утолщены, их просветы свободны.

*Стадия активного гаметогенеза* – соединительно-тканная прослойка сильно утолщается, половые трубочки разрастаются. В гонадах самок присутствуют в основном ооциты большого роста. Изредка в просветах ацинусов встречаются крупные свободнолежащие ооциты.

*Преднерестовая стадия* – слой соединительной ткани достигает минимальной толщины и густо пронизан половыми трубочками. У самок просветы ацинусов заполнены дефинитивными ооцитами, закончившими рост. Стенки ацинусов утончаются и становятся едва различимыми.

*Нерестовая* – по мере вымета зрелых яйцеклеток происходит быстрое дозревание молодых клеток, и просветы ацинусов заполняются зрелыми ооцитами.

*Посленерестовая стадия* – гонады почти полностью опустошены, встречаются лишь отдельные свободнолежащие ооциты, которые позднее резорбируются. Стенки ацинусов спавшиеся.

Целью нашей работы было изучение гаметогенеза у спизулы сахалинской, обитающей в заливе Посьета. Половозрелых моллюсков с размером раковины 51-56 мм собирали в июле – сентябре 2006 г. с глубины 1,8-2,0 м. Кусочки гонад фиксировали в жидкости Буена. Парафиновые срезы толщиной 5 мкм окрашивали гаматоксилином Эрлиха с докраской эозином [4].

Степень зрелости гонад определяли визуально и уточняли цитологическими наблюдениями. Полученные данные обрабатывали статистически [5].

Состояние половых желез и динамику нереста у спизулы сахалинской исследовали с июля по сентябрь (таблица).

**Средние показатели длины, массы и стадии зрелости гонады  
*S. sachalinensis* (зал. Посьета, лето-осень 2006 г.)**

Дата	Глубина, м	Кол-во живот- ных	Длина, мм	Масса, г	Стадии зрелости, %			
					III	IV	V	VI
09.07.2006	1,8-2,0	10	52,6 ± 6,0	25,2 ± 3,5	40	50	10	
25.07.2006	1,8-2,0	10	55,3 ± 6,2	34,2 ± 4,1			100	
09.08.2006	1,8-2,0	12	57,2 ± 4,5	35,1 ± 4,5		12	72	16
21.08.2006	1,8-2,0	10	56,2 ± 5,1	34,4 ± 4,2			60	40
25.09.2006	1,8-2,0	12	54,5 ± 4,5	33,1 ± 4,0				100

В первой декаде июля (09.07.2006 ) 50 % моллюсков имели гонады на IV стадии зрелости и были готовы к нересту, в то время как гонады 40 % животных находились на III стадии и в них наблюдались процессы активного гаметогенеза.

У самок с гонадами на III стадии зрелости в ацинусах в основном присутствовали пристеночные ооциты на всех стадиях роста, среди которых преобладали ооциты большого роста «на ножке». В просвете большинства ацинусов можно наблюдать свободнолежащие ооциты. Ацинусы гонад, находившиеся на IV стадии зрелости, имели тонкие стенки и были заполнены зрелыми половыми клетками, однако следует отметить разную степень заполнения половых трубочек (рисунок, А). В просветах некоторых из них наряду с дефинитивными клетками присутствовали пристеночные овоциты, в то время как в других просветы практически полностью были заполнены только зрелыми ооцитами (рисунок, Б). Также следует отметить, что у единичных экземпляров (10 %) в гонадах наблюдались картины, характерные для начала нереста. У этих животных на фоне заполненных зрелыми клетками ацинусов имелись опустошенные ацинусы, в просветах которых были видны крупные единичные ооциты.

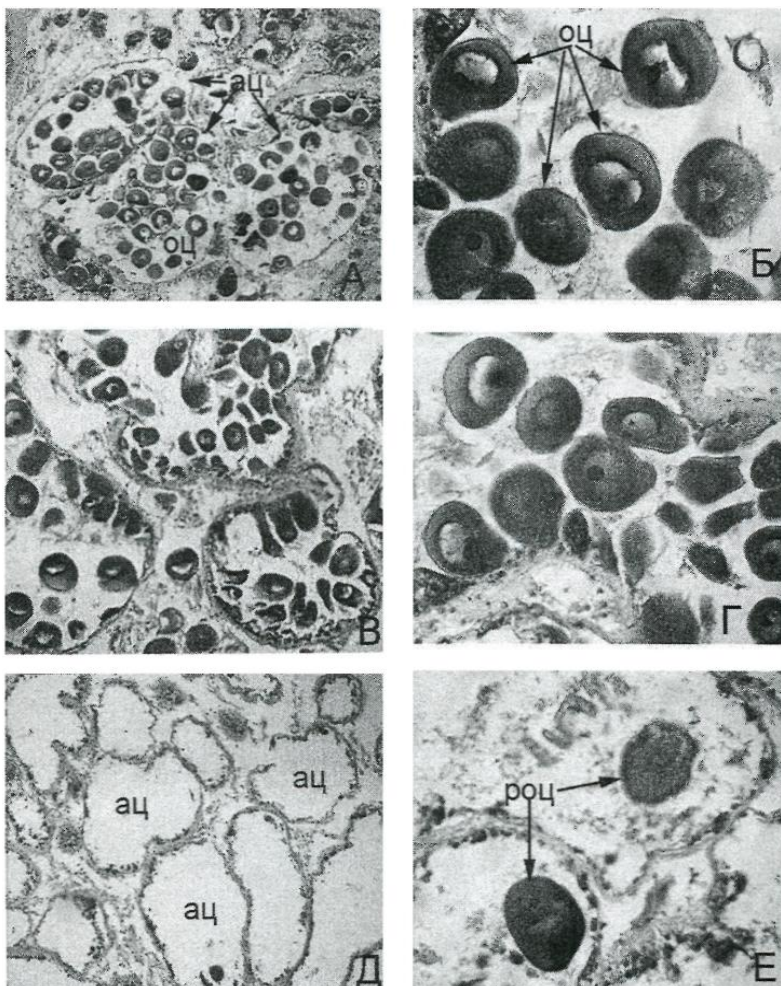
В третьей декаде июля (25.07.2006) все исследованные животные находились в состоянии нереста: на фоне заполненных зрелыми клетками половых трубочек отмечались и опустошенные, в просветах которых в небольшом количестве присутствовали свободнолежащие ооциты. По мере вымета половых продуктов просветы ацинусов вновь заполнялись зрелыми гаметами за счет быстрого созревания молодых клеток, чем объясняется растянутость нереста во времени (рисунок, В, Г).

В первой декаде августа (09.08.2006), помимо животных с нерестовыми гонадами, нами также были отмечены особи с гонадами на IV преднерестовой стадии (12 % от общего числа животных). У особей с посленерестовыми гонадами основная масса ацинусов была пуста, в просветах некоторых из них видны половые клетки, оставшиеся после нереста (рисунок, Д, Е). Наблюдались процессы резорбции оставшихся ооцитов.

В дальнейшем доля животных с гонадами на VI посленерестовой стадии увеличилась и в третьей декаде августа (21.08.2006) составила 40 %.



В конце сентября (25.09.2006) в гонадах наблюдались процессы посленерестовой перестройки и восстановления. В это время просветы ацинусов в той или иной степени заполнены вспомогательными клетками, а вдоль славшихся и утолщенных стенок виднелись гнезда оогониев и мелкие растущие ооциты (рисунок, Ж, 3).



Яичник спизулы сахалинской (лето-осень, 2006 г.):  
 А, Б – активный гаметогенез; В, Г – нерест; Д, Е – посленерестовая стадия.  
 Обозначения: ац – ацинус; ог – оогонии; оц – ооцит; роц – резорбция ооцитов  
 (увеличение: ок. 10 х. об. 40 х)

Таким образом, нерест у спизулы сахалинской наблюдался со второй декады июля по вторую декаду августа и длился около месяца, при температуре 16-26 °С.

Полученные нами данные могут быть использованы для репродуктивной характеристики гонад спизулы сахалинской для рационального ведения ее промысла и воспроизводства.

### **Библиографический список**

1. *Волова Г.Н., Скарлато О.А.* Двустворчатые моллюски залива Петра Великого. Владивосток. 1980. 94 с.

2. *Касьянов В.Л., Медведева Л.А., Яковлев С.Н., Яковлев Ю.М.* Размножение иглокожих и двустворчатых моллюсков. М.: Наука, 1980. 208 с.

3. *Львова А.А., Макарова Г.Е.* Исследование репродуктивного цикла // Методы изучения двустворчатых моллюсков. Л., 1990. С. 101-120.

4. *Меркулов Г.А.* Курс патологогистологической техники. Л.: Медицина, 1969. 423 с.

5. *Плохинский Н.А.* Биометрия. М., 1970. 367 с.

6. *Takahashi N., Yamamoto K.* Histological studies on the reproductive cycle of the surf clam *Spisula sachalinensis* – II. Seasonal changes in the ovary // *Bull. Japan. Soc. Scient. Fish.* 1970. Vol. 36. P. 345-352.

УДК 621.74.001.2(075.8)

### **ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ В ОБЛАСТИ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ РЫБОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА**

**П.В. Колмаков; А.Н. Бондарь; Е.В. Смирнова,  
Дальрыбвтуз, Владивосток**

*В статье проведено исследование существующих методов определения норм негативного воздействия на окружающую среду предприятиями-природопользователями. Приведен расчет экологических платежей в области обращения с отходами на примере предприятия рыбоперерабатывающего комплекса.*

Современные тенденции развития социально-экономических процессов требуют совершенствования систем управления природопользованием, которое должно осуществляться на основе ретроспективной и оперативной информации об экологической обстановке с учетом обеспечения экологической безопасности населения, гармоничного сочетания социально-экономических и эколого-градостроительных приоритетов развития городов и сопредельных территорий [1, 2]. Любая намечаемая деятельность сегодня имеет систему экологической оценки.

Экологическая оценка (ЭО) – это процесс всестороннего анализа экологических последствий планируемой деятельности и учета результатов этого анализа при проектировании, согласовании, строительстве, реконструкции и ликвидации предприятия. Прообразом российской системы ЭО явились правила проектирования, территориальные комплексные схемы охраны природы и разрешения на отдельные виды природопользования. Экологическое нормирование, в общем случае, представляет собой установление предельных величин (лимитов), в которых допускается изменение свойств среды (воды, воздуха, почвы), не нарушающих экологическое равновесие. Могут устанавливаться также санитарно-гигиенические и экономически целесообразные нормативы [3, 4].

Для регулирования социально-экологических процессов в настоящее время используется метод внедрения принципа «лучшее в доступной технологии», направленный на то, чтобы сблизить существующую практику выдачи разрешений на загрязнение с оценкой качества среды на основе нормативов ПДК с принципами устойчивого развития, которые основаны на комплексной экологической оценке.

Экологические требования, предъявляемые к предприятиям РФ, регулируются Федеральным Законом «Об охране окружающей среды». Законодательно закреплено, что на любом предприятии должны быть разработаны проекты нормативов образования отходов и лимиты на их размещение (ПНООЛР) [6]. Выброс и сброс вредных веществ, хранение, захоронение отходов допускаются на основе специальных разрешений. Для получения разрешений, позволяющих перейти на нормативы предельно допустимых выбросов (ПДВ), предельно допустимых сбросов (ПДС) вредных веществ, образования и размещения отходов, необходимо наличие экологических проектов: по выбросам, сбросам вредных веществ, нормативам образования и лимитам на размещение отходов.

Проект ПНООЛР устанавливает лимиты образования отходов, за пределы которых предприятие не имеет права выходить. В случае превышения разрешенных лимитов экологические платежи увеличиваются в 5 раз, в отдельных случаях возможно приостановление хозяйственной деятельности предприятия с последующей передачей материалов в судебные органы [5, 7].

В настоящее время в России нет единой информационной системы, регламентирующей деятельность предприятий в области обращения с отходами производства и потребления. Имеющаяся нормативно-методическая база часто находится в противоречии с действующим производством ввиду высоких темпов развития промышленности и ужесточения экологических требований к качеству окружающей среды.

В данной работе изложены методы расчета нормативов образования отходов и платежей за природопользование, собранные в статистической отчетности, в экологических паспортах предприятий и лимитах на образование и размещение отходов.

Как известно, под отходами понимают непригодные для производства данного вида продукции виды сырья, его неупотребимые остатки или образующиеся в ходе технологических процессов вещества (твердые, жидкие, газообразные) и энергия (шум, тепло, вибрация и т.п.). Остатки сырья, образовавшиеся при производстве продукции или выполнении работ и утратившие полностью или частично потребительские свойства, образуют отходы производства. Изделия и материалы образуют (в том случае, если они выбрасываются на свалку) отходы потребления. В готовую продукцию переходит 7-10 % выработанных природных ресурсов, а все остальное превращается в отходы, образующиеся на разных этапах технологического процесса. Предприятия, независимо от форм собственности, образуют разные виды и количества отходов от 5 до 1 класса опасности для окружающей среды. Сам конечный продукт со временем превращается в отходы потребления. Таким образом, можно сказать, что все процессы производства и потребления сводятся к созданию отходов.

Для расчетов нормативов образования отходов (НОО) используются различные методы и, соответственно, различные единицы измерения. С учетом технологических особенностей производства нормативы образования отходов определяются либо в единицах массы или объема, либо в процентах от количества использованного сырья и материалов, или от количества производимой продукции. Нормативы образования отходов с измененными по сравнению с первичным сырьем характеристиками предпочтительно представлять в следующих единицах измерения: килограмм на тонну, кг/т; килограмм на метр кубический, кг/м<sup>3</sup>; метр кубический на тысячу метров кубических, м<sup>3</sup>/тыс. м<sup>3</sup> и т.д.

При определении нормативов образования отходов применяются следующие методы расчета:

- по материально-сырьевому балансу;
- по удельным отраслевым НОО;
- по справочным таблицам удельных отраслевых нормативов образования отходов;
- по фактическим объемам образования отходов (статистический метод);
- расчетно-аналитический метод;
- экспериментальный метод.

Отраслевые нормативы образования отходов разрабатываются двумя способами: 1) путем усреднения индивидуальных значений нормативов образования отходов для организаций отрасли; 2) посредством расчета средних удельных показателей за определенный (базовый период), выделения важнейших (экспертно устанавливаемых) нормообразующих факторов и определения их влияния на значение нормативов на планируемый период.

Статистический метод применяется для определения нормативов образования отходов на основе статистической обработки отчетной

информации за базовый (3-летний) период с последующей корректировкой данных в соответствии с планируемыми организационно-техническими мероприятиями, предусматривающими снижение материалоёмкости производимой продукции.

Нормативы образования отходов  $H_o$  статистическим методом рассчитываются по формуле

$$H_o = V_{on} / N_n \cdot K_n, \quad (1)$$

где  $V_{on}$  – масса отходов, т;  $N_n$  – количество готовых изделий, при производстве которых образуются отходы;  $K_n$  – коэффициент перевода единиц измерения количества готовых изделий в единицы массы (применяется, если амортизированная продукция исчисляется не в единицах массы, а в единицах площади, объема).

На производствах, где нормативы образования отходов не связаны непосредственно с единицами измерения продукции, они определяются статистическим методом по формуле

$$H_{o1} = V_o / Q_c, \quad (2)$$

где  $H_{o1}$  – норматив образования отходов на единицу перерабатываемой продукции;  $V_o$  – масса образования отходов за рассматриваемый период (в  $V_o$  включается только текущий выход отходов);  $Q_c$  – масса перерабатываемого сырья.

Расчетно-аналитический метод применяется при наличии конструкторско-технологической документации (технологических карт, рецептов, регламентов, рабочих чертежей) на производство продукции, при котором образуются отходы. На основе такой документации нормативы образования отходов  $H_o$  рассчитываются в соответствии с установленными нормами расхода сырья как разность между нормой расхода сырья (материалов) и чистым (полезным) их расходом с учетом неизбежных безвозвратных потерь сырья:

$$H_o = N - P - H_n, \quad (3)$$

где  $N$  – норма расхода сырья (материалов) на единицу продукции, т,  $P$  – расход сырья (материалов), необходимого для осуществления производственного процесса, т;  $H_n$  – неизбежные безвозвратные потери сырья в процессе производства. Кроме того, нормативы образования отходов могут определяться расчетно-аналитическим методом по формуле

$$H_o = N \cdot (1 - K_n) - P, \quad (4)$$

где  $K_n = P / N$  – коэффициент неизбежных безвозвратных потерь сырья (материалов). Нормативы образования отходов в процентах

или как коэффициент выхода вторичного сырья  $H_{o1}$  рассчитывается по формуле

$$H_{o1} = (1 - K_{исп} - K_n) \cdot 100 \%, \quad (5)$$

где  $K_{исп} = P / N$  – коэффициент использования сырья (материалов) в процессе производства. По формулам (3-5) определяются нормативы образования отходов для каждого вида отходов. Средневзвешенные (групповые) нормативы образования отходов на единицу валовой производимой продукции  $H_{oер.}$  определяются по формуле

$$H_{oер.} = \left( \sum_{i=1}^m N_i \cdot q_i - \sum_{i=1}^m (P_i + H_i) \right) / \sum_{i=1}^m q_i, \quad (6)$$

где  $q_i$  – объем производимой продукции данного вида;  $i$  – индекс вида производимой продукции ( $i = 1, 2, 3 \dots m$ ).

Для технологических процессов, допускающих определенный диапазон изменений составных элементов сырья (в литейном производстве, химической, пищевой, рыбперерабатывающей, микробиологической и других видах отраслей промышленности), а также при большой трудоемкости аналитических методов расчетов применяется экспериментальный метод, суть которого состоит в определении нормативов образования отходов на основе опытных измерений в условиях производства. Первоначально на основе статистической обработки результатов, опытных измерений массы полезной продукции, получаемой из единицы массы сырья (материалов), определяется показатель, характеризующий долю полезной продукции в единице сырья в процентах,  $C_{пн.}$ . Исходя из значений этого показателя и данных о массе извлеченного из сырья полезного продукта  $M_{пн.}$ , определяется масса образования отходов  $V_o$ :

$$V_o = M_{пн.} \cdot (100 \% - C_{пн.}) / C_{пн.} \quad (7)$$

Норматив образования отходов на единицу произведенной продукции  $H_{o1}$  определяется по формуле

$$H_{o1} = V_o / Q_{пр}, \quad (8)$$

где  $Q_{пр}$  – количество продукции, при которой образуются отходы. Для изделий, находящихся в стадии освоения, нормативы образования отходов определяются экспериментальным путем на основе измерения массы отходов при производстве наиболее типичных видов продукции и определения средних показателей.

Помимо нормативов образования отходов для отдельных предприятий и юридических лиц устанавливаются лимиты размещения отходов (ЛРО) – предельное, граничное количество отходов, т, м<sup>3</sup>, которое допускается размещать на специально предназначенных объектах (полигонах, свалках и т.п.), не нарушающих экологическое равновесие природной среды. Лимиты определяются исходя из норм расхода сырья и материалов, с учетом планируемого объема продукции, за вычетом планового объема отходов, используемых в качестве сырья в соответствии с программами по использованию отходов.

Нормативы образования отходов и лимитов на их размещение позволяют точно определить, какое количество отходов каждого класса опасности образуется на предприятии, периодичность их вывоза и накопления. Устанавливаются места временного хранения отходов, выдаются рекомендации по безопасному обращению с отходами и правила их хранения.

Размер платы за размещение отходов в пределах установленных лимитов (при наличии разрешения) определяется как произведение соответствующих ставок платы, с учетом вида размещаемых отходов, на его массу:

$$P_{\text{лим.}} = M_{\text{отх.}} \cdot K_{\text{инд.}} \cdot K_{\text{почвы}} \cdot N_{\text{платы}}, \quad (9)$$

где  $M_{\text{отх.}}$  – масса отходов, т или м<sup>3</sup>;  $K_{\text{инд.}}$  – коэффициент индексации (устанавливается Федеральным Законом);  $K_{\text{почвы}}$  – коэффициент почвы (устанавливается Ростехнадзором РФ);  $N_{\text{платы}}$  – норматив платы за размещение 1 т или 1 м<sup>3</sup> отхода в пределах установленных лимитов в зависимости от класса опасности.

Плата за негативное воздействие на окружающую среду сверх установленных лимитов (при отсутствии разрешения) определяется по формуле

$$P_{\text{св.лим.}} = M_{\text{отх.}} \cdot K_{\text{инд.}} \cdot K_{\text{почвы}} \cdot N_{\text{платы}} \cdot 5, \quad (10)$$

где 5 – повышающий коэффициент.

Установление нормативов образования отходов и лимитов на их размещение значительно снижает размеры платежей за природопользование, что очевидно из данных, приведенных в таблице на примере ООО «Бионт-К».

Таким образом, экологическое нормирование в области обращения с отходами производства для предприятий экономически обосновано, контролирующие органы Ростехнадзора получают оперативную информацию о количестве образующихся отходов на предприятии, в городе, регионе. Это позволяет с достаточной степенью точности оценивать санитарно-гигиеническое состояние территории и принимать необходимые меры по снижению антропогенной нагрузки на окружающую природную среду.

**Сравнительные величины платы за негативное воздействие на окружающую среду ООО «Бионт-К» в пределах установленных лимитов и за сверхлимитное природопользование**

№	Наименование отходов, код по ФККО	Класс опасности	Масса отходов, т	Нормативная плата, руб.	Плата в пределах установленных лимитов, руб.	Плата сверхлимитная, руб.
1	Масла моторные отработанные 541 002 01 02 03 3	3	0,002	497,00	0,99	4,95
2	Мусор от бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный) 912 004 00 01 00 4	4	0,55	248,40	136,62	683,10
3	Отходы потребления на производстве подобные коммунальным (мусор и смет от уборки территории предприятия) 912 000 00 00 00 0	4	0,18	248,40	44,71	223,55
4	Отходы раковин и панцирей моллюсков, ракообразных, иглокожих 135 020 00 01 00 5	5	2,8	15,00	42,00	210,00
5	Отходы веревок и канатов 581 008 00 13 00 5	5	0,015	15,00	0,22	1,1
6	Отходы (осадки) из выгребных ям и хозяйственно-бытовые стоки 951 000 00 00 00 0	4	6,3	248,40	1564,92	7824,6
	<b>Сумма</b>				<b>1789,46</b>	<b>8947,3</b>
	<b>К (почвы)</b>			<b>1,1</b>	<b>1968,41</b>	<b>9842,03</b>
	<b>К (индексации)</b>			<b>1,48</b>	<b>2913,25</b>	<b>14566,21</b>
	<b>Итого</b>				<b>2913,25</b>	<b>14566,21</b>

**Библиографический список**

1. Дубовик О.Л. Экологическое право. М.: Проспект, 2005. 429 с.
2. Трифонова Т.А., Селиванова Н.В., Ильина М.Е. Экологический менеджмент. М.: Мир, 2003. 320 с.
3. Опекунов Ю.А. Экономика природопользования. М.: МНЭПУ, 1997. 216 с.
4. Черп О.М., Винниченко В.Н. Проблема ТБО: Комплексный подход. М.: Эколайн, 1996. 72 с.
5. Матросов А.С. Управление отходами. М.: Гардарики, 1999. 48 с.
6. Об охране окружающей среды: Федеральный Закон от 10.01.02 № 7-ФЗ. М.: Книга-сервис, 2004.
7. Об отходах производства и потребления: Федеральный Закон от 24.06.98 №68-ФЗ. М.: Изд-во стандартов, 1999.



## **О ТИХООКЕАНСКОЙ СЕЛЬДИ *CLUPEA PALLASII* ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ САХАЛИНА**

**И.Г. Рыбникова, Дальрыбвтуз, Владивосток; Г.М. Пушникова,  
СахНИРО, Южно-Сахалинск**

*На основании изучения размерно-возрастной структуры, темпа роста, полиморфизма 6-10 белковых локусов, а также анализа по 24 общепринятым морфометрическим признакам выборки тихоокеанской сельди выявлено, что популяция сахалино-хоккайдской сельди сохраняет свои уникальные биологические особенности, отличающие ее от других группировок сельди и, в частности, от декастринской.*

Сельдь всегда занимала особое место среди промысловых рыб, формирующих скопления у западного побережья Сахалина. В начале прошлого столетия ее запасы казались неисчерпаемыми, а картины масштабного нереста убеждали в их стабильности [1]. К наиболее массовому промысловому виду было и особое отношение со стороны исследователей рыбохозяйственного направления. До резкого спада численности активно изучались ростовые показатели на разных этапах онтогенеза, пути миграций и очень мало внимания уделялось исследованию популяционной структуры скоплений сельди. Было установлено, что наибольшая по численности – это сельдь, ареал которой затрагивал воды, прилегающие к островам Хонсю, Хоккайдо и Сахалин (далее сахалино-хоккайдская), а промысловый запас использовался двумя странами – Японией и Россией со всеми вытекающими из этого трудностями при решении вопросов рациональной эксплуатации и регламентации вылова. Так уже 1950-60-е годы в среде рыбопромышленников были означены как сельдевый кризис. К концу столетия уловы этой сельди уменьшились на несколько порядков [2]. Ни один из прогнозов, обещавших увеличение численности, не оправдался.

В период резкого и значительного снижения такой популяции, как сахалино-хоккайдская, исследования в этом направлении значительно расширились. Было усилено внимание к изучению внутривидовой структуры. Анализ собранных материалов позволил установить, что, помимо выше упомянутой популяции, в присахалинских водах в процессе эволюции сформировалось несколько популяций сельди, которые эксплуатировались промыслом достаточно активно, несмотря на то что были значительно меньше по численности. Такие популяции называли местными по следующим причинам: малопротяженные миграции, приуроченность к ограниченным участкам побережья и, в целом, небольшой по площади ареал. Последнее обуславливало более простой

путь решения вопросов по регулированию промысла, а также выполнению комплекса научных исследований по учету численности. На западном побережье Сахалина к группе таких сельдей отнесена декастринская популяция, особи которой в процессе онтогенеза находятся в акватории Татарского пролива, обитая исключительно в водах экономической зоны России. Ее ареал ограничен акваторией северной части Татарского пролива.

Чрезвычайно продолжительная депрессия запаса многочисленной в прошлом популяции обусловила необходимость осуществления более глубокого, целенаправленного изучения закономерностей динамики численности внутривидовой структуры сельди. В данной работе рассматриваются вопросы внутривидовой структуры сельди, обитающей у западного побережья Сахалина.

Исторически сложилось так, что у западного побережья Сахалина промыслом эксплуатировался запас двух популяций – сахалино-хоккайдской (на южных участках) и декастринской (на севере района). Существовал также район, где формировались смешанные скопления, причем не только в нагульный период, но и в период нереста [3]. В 40-е годы И.А. Пискуновым даже был сделан ошибочный вывод о наличии еще одного стада сельди в Татарском проливе, помимо сахалино-хоккайдского и декастринского, – широкопаднинского [4]. Впоследствии при сокращении численности сельди и более тщательном анализе материалов автором были откорректированы эти выводы и отмечен практически одновременный нерест сельди двух разных группировок у побережья центральной части Западного Сахалина. Однако несмотря на очевидность генетического обмена в период нереста характерные популяционные признаки сельди, как оказалось, сохраняются. Подтверждением тому послужили материалы, собранные в районах изолированного обитания популяций, т.е. на севере Татарского пролива и у юго-западного побережья Сахалина, в преднерестовый и нерестовый периоды. По стандартной методике сбора ихтиологических проб были выполнены биологические анализы, массовые промеры. Кроме того, взят материал для генетико-биохимических исследований.

По результатам обработки и анализа ихтиологических проб было установлено, что особи из северного и южного районов имеют значительные различия по темпу роста и половому созреванию, плодовитости одноразмерных и одновозрастных групп (рис. 1).

Рыбы из южных участков были отнесены к сахалино-хоккайдской популяции, из северных – к декастринской. Так, средняя длина одновозрастных особей этих популяций различалась на 2,5-7 см. Причем более значимые различия отмечены для старших возрастных групп. Массовое половое созревание декастринской сельди (80 %) происходит при длине тела 20 см. В этой размерной группе сахалино-хоккайдской сельди встречается не более 30 % созревших рыб. При длине тела 23 см в скоплениях декастринской сельди не были

обнаружены неполовозрелые особи, что для сахалино-хоккайдской сельди характерно при достижении рыбами длины тела 26-27 см. Плодовитость рыб практически одинакова для размерных групп до 25 см. С увеличением длины тела плодовитость сахалино-хоккайдской сельди значительно возрастает. Этот показатель для старших возрастных групп намного выше у сахалино-хоккайдской сельди по сравнению с декастринской.

Интересный материал получен по результатам массовых промеров годовиков (таблица). Рыб этой возрастной группы выловили закидным неводом в районах нереста сельди у западного побережья Сахалина и материкового побережья севернее залива Чихачева.

### Размеры годовиков сельди в разных районах обитания

Район и сроки	Длина АС, см			Количество рыб
	min	max	$X_{cp.}$	
I. Юго-западное побережье Сахалина, май (1-15)	10,5	14,5	12,0	300
II. Пос. Комсомольский, июнь (15-30)	8,5	14,5	11,4	300
III. Северная Широкая Падь, июнь (20-30)	9,5	14,5	11,5	300
IV. Б. Тихая (материковое побережье), июнь (20-30)	10,5	13,5	11,6	300

Примечание. I – южная, II – центральная, III и IV – северные части Татарского пролива.

На южных участках встречались годовики с длиной тела от 10,5 до 14,5 см, и средней длиной 12,5 см, севернее – с минимальной длиной до 8,5 см, а средней до 11,4 см. Годовики, обитающие в б. Тихой, несколько отличались от годовиков из сахалинских вод. Вероятнее всего, что у юго-западного побережья встречалось потомство сахалино-хоккайдской сельди, а на более северных участках обитали годовики смешанных скоплений (т.е. потомство обеих популяций сельди Татарского пролива).

Материалы, полученные в 70-х и 80-х годах, подтвердили представление о сложной внутривидовой структуре сельдевых скоплений у берегов Сахалина [5, 6, 7]. Результаты, полученные на основе традиционных морфобиологических подходов, свидетельствовали о том, что у берегов Сахалина действительно функционировало и эксплуатировалось промыслом несколько сельдевых стад с неодинаковым уровнем численности и существенными различиями популяционной динамики: сахалино-хоккайдская, декастринская, зал. Терпения, заливов Северо-восточного побережья Сахалина, озер Тунайча, Невское, Айнское.

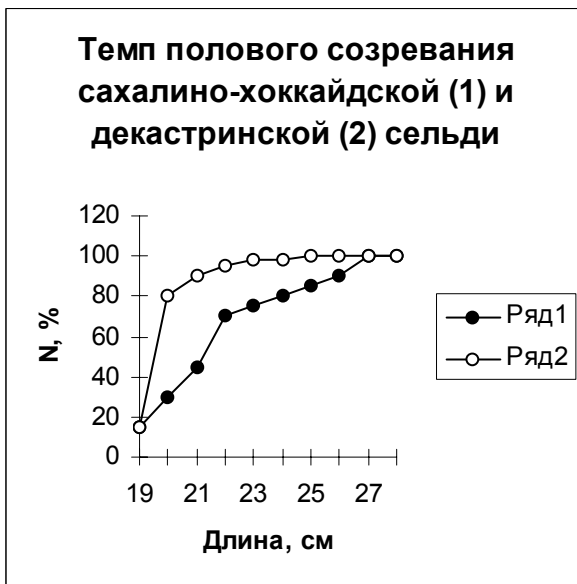
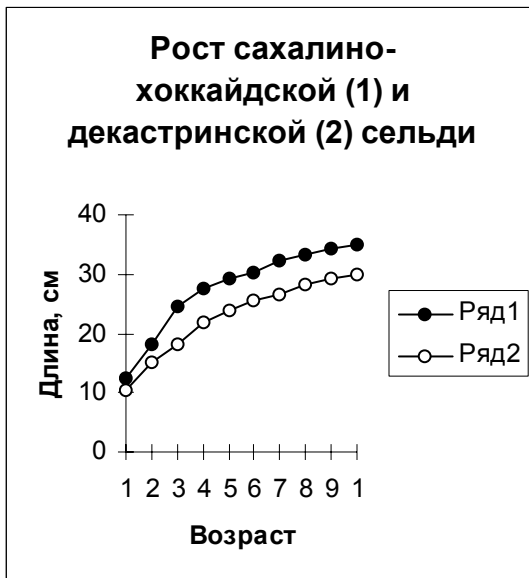


Рис. 1. Популяционные характеристики сахалино-хоккайдской и декастринской популяций сельди

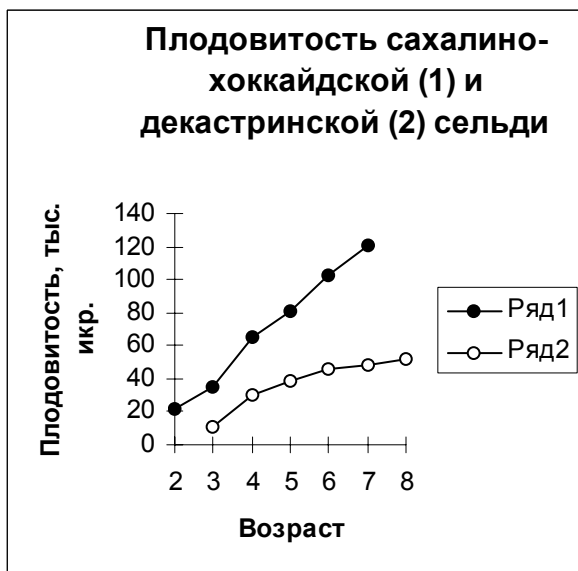
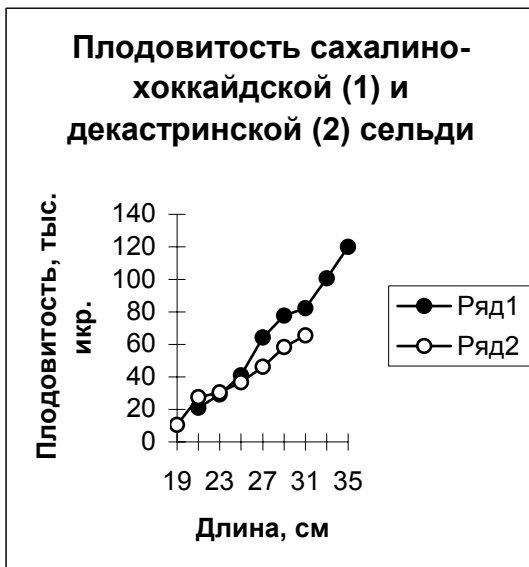


Рис. 1. Популяционные характеристики сахалино-хоккайдской и декастринской популяций сельди (окончание)

Анализ данных с привлечением параметров роста, а также генетических материалов, показал, что сельдь с высоким темпом роста, определяемая как сахалино-хоккайдская, встречалась на нерестилищах практически во всех районах нереста сельди у берегов Сахалина [3, 8]. Не было обнаружено рыб с темпом роста, схожим с темпом роста у особей сахалино-хоккайдской популяции, только в озерах. По результатам дальнейших, более углубленных исследований был сделан вывод о менее выраженной, по сравнению с временной, пространственной дифференциацией сельди, обитающей в водах Сахалина. Причем наименьшие популяционно-генетические различия были выявлены между сахалино-хоккайдской и местными группами сельди (декастринской, зал. Терпения, заливов Северо-восточного побережья Сахалина, рис. 2) [9]. Полученные материалы дали основание сделать вывод о том, что между этими популяциями и сахалино-хоккайдской сельдью существует обмен особями, скорее всего, за счет сахалино-хоккайдской сельди, которой присущи протяженные миграции и которая способна потенциально приносить свой генофонд в местные популяции. На рис. 2 отчетливо проявилось расположение выборок местных популяций вокруг треугольника выборок (4, 5 и 6) сахалино-хоккайдской сельди.

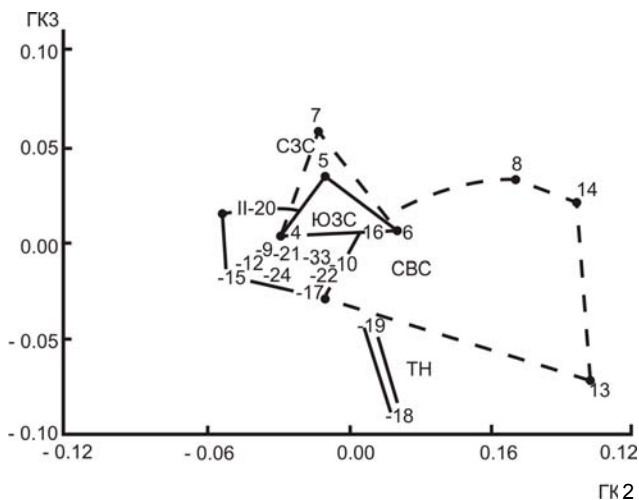
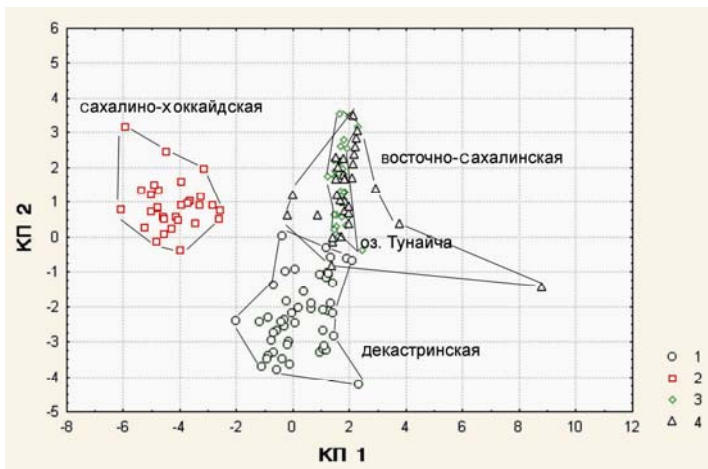


Рис. 2. График главных компонент (ГК2 и ГК3), построенный на основе анализа аллельных частот 21 выборки тихоокеанской сельди. Цифры – номера выборок. ЮЗС – юго-западный Сахалин, СЗС – северо-западный Сахалин, СВЗ – Сахалинский залив и северо-восточный Сахалин, ТН – озера Тунайча и Невское

На основе традиционных морфометрических признаков, но при использовании многомерного статистического анализа была сделана оценка степени фенотипической изменчивости и дифференциации нерестовых скоплений и молоди тихоокеанской сельди в районе о. Сахалин [10]. Было показано, что наиболее отчетливо отличаются между собой сахалино-хоккайдская и декастринская сельдь (рис. 3).

А



Б

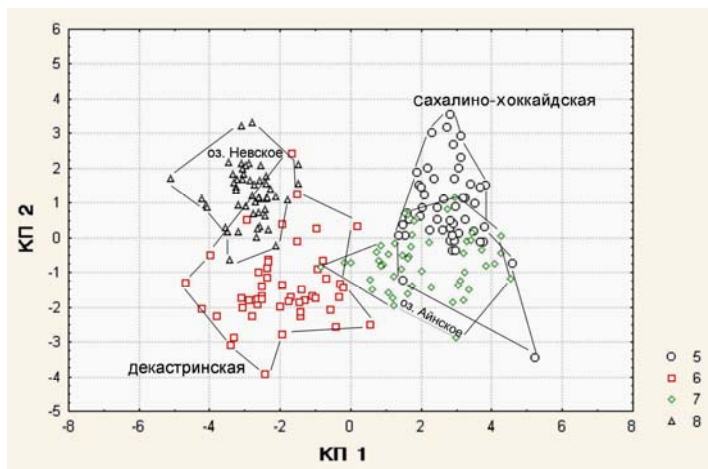


Рис. 3. А – График распределения координат значений канонических переменных (КП 1 и КП 2), полученных при проведении дискриминантного анализа особей 4 выборок тихоокеанской сельди *Clupea pallasii* в 1978 г. и проанализированных по комплексу 10 индексов. Выборки: 1 – Татарский пролив, северная часть, 2 – Татарский пролив, юго-западный Сахалин, 3 – зал. Терпения, 4 – оз. Тунайча. Б – График распределения координат значений канонических переменных (КП 1 и КП 2), полученных при проведении дискриминантного анализа особей 4 выборок тихоокеанской сельди *Clupea pallasii* в 1981 г. и проанализированных по комплексу 13 индексов. Выборки: 5 – Татарский пролив, юго-западный Сахалин, 6 – Татарский пролив, северная часть, 7 – оз. Айнское, юго-западный Сахалин, 8 – оз. Невское, зал. Терпения

Таким образом, представленный материал свидетельствует о том, что между сахалино-хоккайдской и декастринской сельдью сохраняются различия, даже при отмеченных случаях совместного нереста в одном районе. Возможно, это эволюционно закрепленное свойство более крупной по численности популяции поддерживать определенный уровень запаса малочисленной популяции. И несмотря на многолетнюю депрессию сахалино-хоккайдской сельди, она, очевидно, по-прежнему остается для местных группировок, в том числе и для декастринской, материнской. Если наше предположение верно, то аналогичное воздействие со стороны этой популяции на местные должно быть не только у о. Сахалин, но и у Хоккайдо, где известно достаточно много местных сельдевых группировок. А это накладывает определенные обязательства и значительную ответственность на пользователей запасов сахалино-хоккайдской сельди – Японию и Россию.

### Библиографический список

1. Шмидт П.Ю. Морские промыслы острова Сахалина. СПб., 1905. 454 с.
2. Пушникова Г.М. Состояние запасов сахалино-хоккайдской сельди и пути стабилизации ее численности // Рыбохозяйственные исследования в Сахалино-Курильском районе и сопредельных акваториях: Сб. Южно-Сахалинск: СахНИРО, 1994. С. 47-56.
3. Рыбникова И.Г., Пушникова Г.М., Беседное Л.Н. 1998. Взаимодействие сахалино-хоккайдской сельди *Clupea pallasii* с другими популяциями этого вида в водах Сахалина // Биол. моря. Т. 24. № 4. С. 218-227.
4. Пискунов И.А. Весенняя сельдь западного побережья южного Сахалина // Изв. ТИНРО. 1952. Т. 37. С. 3-67.
5. Пушникова Г.М., Пушников В.В., Рыбникова И.Г. О внутривидовой структуре сельди шельфа Сахалина в период депрессии численности. Южно-Сахалинск: Изд-во Геогр. общества, 1987. С. 111-114.
6. Пушникова Г.М., Рыбникова И.Г. О популяционной структуре сельди Северо-Западной Пацифики. // Рациональное использование биоресурсов Тихого океана: Сб. Владивосток: ТИНРО, 1991. С.169-170.
7. Pushnikova G.M. The features of the southwestern Okhotsk Sea hering groups. // PICES: Abstr. Vladivostok. Russia. 1995. P. 68.
8. Зверькова Л.М., Пушникова Г.М., Тарасюк С.Н. и др. Результаты исследования популяций морских промысловых рыб в Сахалино-Курильском районе. / СахТИНРО. 1991. 50 с. Деп. ВИНТИ 20. 05. 91. № 1154. С. 91.
9. Картавцев Ю.Ф., Рыбникова И.Г. Генетическое и морфобиологическое исследование популяций тихоокеанской сельди *Clupea pallasii* из Японского и Охотского морей // Генетика. 1999. Т. 35. № 8. С. 1093-1103.
10. Картавцев Ю.Ф., Пушникова Г.М., Рыбникова И.Г. Многомерный морфометрический анализ тихоокеанской сельди *Clupea pallasii* Сахалина // Научные труды Дальрыбвтуза. Владивосток. 2006. Вып. 18. С. 111-123.



## ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ИННЕРВАЦИЯ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОГО ТРАКТА МАЛОРОТОЙ КОРЮШКИ, ЯПОНСКОГО АНЧОУСА, ТЕМНОЙ И ПОЛОСАТОЙ КАМБАЛ

С.В. Чусовитина, Дальрыбвтуз, Владивосток

*Гистологическое строение пищеварительного тракта четырех исследованных видов рыб имеет общие черты. Обнаружены особенности строения его верхних отделов. Бентофаги (*P. obscurus*, *P. pinnifasciatus*) обладают более мощной мышечной оболочкой и развитым эпителиальным слоем в пищевode. В пищеварительном тракте рыб нервные клетки и волокна расположены в составе интрамуральных нервных сплетений. Среди нейронов обнаружены биполярные, униполярные и мультиполярные клетки 1, 2 типов.*

Пищеварительная система рыб выполняет трофическую, защитную и осморегуляторную функции (Надточин, 1970; Кузьмина, 1999; 2003). Важнейшей является трофическая функция, которая определяет морфологические и гистологические особенности строения пищеварительного тракта.

По характеру потребляемой пищи среди рыб выделяют эврифагов – со смешанной диетой, стенофагов – поедающих ограниченное количество видов кормов, монофагов – потребляющих только один вид корма. В зависимости от типа питания и развития приспособлений всех рыб условно разделяют на две группы: хищных и мирных. В спектре питания хищников преобладают рыбы. Мирные рыбы в свою очередь могут питаться преимущественно беспозвоночными животными; растительностью или детритом. Мирных рыб, питающихся в толще воды, называют планктофагами, у дна – бентофагами.

Цель данной работы изучить строение пищеварительного тракта и локализацию нервных клеток в стенке пищевода, желудка, кишечника планктофагов – малоротой корюшки *Hypomesus japonicus* и японского анчоуса *Engraulis japonicus*, бентофагов – темной *Pleuronectes obscurus* и полосатой *Pleuronectes pinnifasciatus* камбал.

Исследование анатомических особенностей пищеварительного тракта рыб проводили методом препарирования нефиксированных животных. Всего просмотрено 50 особей, относящихся к 4 видам. Измеряли длину пищеварительного тракта. Определяли соотношение длины кишечника к длине рыбы. Отмечали наличие или отсутствие желудка и его форму, количество пилорических придатков и петель кишки. Описание гистологического строения и топографии нервных клеток в пищеварительном тракте рыб проводили с помощью методики Хоупа и Винсента (Hope, Vincent, 1989). Метод основан на образовании осадка дифор-

мазана в присутствии кофактора – NADPH и экзогенного субстрата – нитросиноего тетразолиевого.

Пищеварительный тракт планктофагов малоротой корюшки *Hypomesus japonicus* и японского анчоуса *Engraulis japonicus* включает пищевод, желудок и кишечник. Пищевод имеет вид короткой прямой трубки, внешне неограниченной от лежащих ниже отделов. Желудок сифонообразной формы: нисходящая (кардиальная) часть более длинная, восходящая (пилорическая) – короткая. Кишечник у корюшки формирует 3 петли, у анчоуса петли уложены спирально. Проксимальный отдел кишечника окаймлён у корюшки 4-5 короткими, а у анчоуса 11-12 длинными пилорическими придатками. Длина кишечника превосходит длину тела в 1,2 раза. Корюшка и анчоус относятся к открытопузырным рыбам, у которых на протяжении всей жизни плавательный пузырь общается с пищеводом посредством протока, открывающегося ближе к границе с желудком.

Стенка пищеварительного тракта состоит из серозной, мышечной и слизистой оболочек. Мышечную оболочку в пищеводе образуют поперечно-полосатые мышечные волокна, формирующие кольцевой слой. Область между этим слоем и слизистой в нижней части глотки и в пищеводе содержит продольно и косо ориентированные мышечные пучки, толщина которых становится меньше в дистальном направлении. В желудке и кишечнике в состав мышечной оболочки входят внешний продольный и внутренний кольцевой слои гладкой мускулатуры. В верхней части кардиального отдела желудка имеется слой косо расположенных мышечных клеток. За счёт развития кольцевого слоя мускулатуры в пилорическом отделе образуется сфинктер. Толщина мышечной оболочки у корюшки в пищеводе в среднем составляет  $256,5 \pm 2,3$  мкм, а в кишечнике –  $26,9 \pm 1,7$  мкм, у анчоуса –  $122 \pm 0,23$  мкм и  $17,6 \pm 0,16$  мкм соответственно. Слизистая оболочка формирует крупные продольные складки в пищеводе и ректальной части кишечника и более длинные с узким основанием в средней части кишечника. Мышечные клетки в слизистой оболочке расположены на границе с мышечной оболочкой, что затрудняет дифференциацию подслизистой оболочки.

Пищеварительный тракт тёмной *Pleuronectes obscurus* и полосатой *Pleuronectes pinnifasciatus* камбал представлен малодифференцированной трубкой, компактно уложенной в полости тела. Пищевод без резких границ переходит в желудок веретенообразной формы. Два-три толстых коротких пилорических придатка расположены в проксимальной части кишечника, образующего 4-6 петель. Длина кишечника в расправленном состоянии в 1,5 раза превышает длину тела рыбы. В связи с придонным образом жизни плавательный пузырь у камбал отсутствует.

Толщина мышечной оболочки в среднем составляет в пищеводе  $710,4 \pm 3,8$  мкм, а в желудке –  $402,82 \pm 7,2$  мкм. Мощные продольные мышечные тяжи соединяются между собой. У тёмной камбалы *P. obscurus* они оставляют свободными только вершины складок. В кишечнике толщина мышечной оболочки не превышает 350 мкм. Слизистая

стая оболочка образует широкие низкие складки. Многослойный эпителий, покрывающий складки, образует до 12 рядов на их вершинах.

Известно, что нервная регуляция пищеварительного тракта рыб осуществляется автономной (вегетативной) нервной системой. Она состоит из трёх взаимосвязанных частей: краниальной (парасимпатической), спинальной (симпатической) и энтеральной (метасимпатической), – представленных интрамуральными образованиями, лежащими в стенках внутренних органов, наделённых собственным миогенным ритмом (Ноздрачёв, 2001).

Энтеральная часть метасимпатической системы состоит из межмышечного (ауэрбахова), подслизистого (мейснерова), серозного сплетений. В функциональном отношении она представляет единую систему, локализованную в интрамуральных ганглиях стенок желудочно-кишечного тракта. Межмышечное сплетение расположено по ходу блуждающих и симпатических нервов.

Местная иннервация пищеварительного тракта исследованных рыб осуществляется нейронами, локализованными в двух интрамуральных нервных сплетениях – межмышечном и подслизистом. Более развито межмышечное сплетение, клетки которого дают отростки, проникающие в продольный и кольцевой слои мускулатуры, а также проходящие к слизистой оболочке. Подслизистое сплетение образовано редкими одиночными клетками и волокнами, формирующими рыхлую крупноячеистую сеть.

В периферических ганглиях автономной нервной системы млекопитающих выделяют от 3 (Догель) до 6 (Brehmer et al., 1999) типов нейронов. В интрамуральных сплетениях пищеварительного тракта у костистых рыб нет отчетливой дифференциации клеточных типов, наблюдаемых у наземных позвоночных. Несмотря на сложность определения у них описаны уни-, биполяры и три типа мультиполярных нейронов Догеля.

Наши исследования показали, что подавляющее большинство нитроксидергических нервных клеток межмышечного сплетения корюшки, анчоуса, темной и полосатой камбал обладают одним длинным и несколькими короткими отростками. Терминальные отделы аксонов имеют четко видную форму за счет многочисленных варикозных утолщений. Они оплетают гладкие миоциты, распространяются в пределах межмышечного сплетения, проникают в подслизистое сплетение. Аксоны этих клеток обнаружены на кровеносных сосудах и вокруг желудочных желёз. Дендриты короткие толстые. Такие нейроны локализованы преимущественно в мышечной оболочке. Топография и морфологические особенности позволяют отнести подобные клетки к нейронам первого типа Догеля. Нейроны первого типа могут выполнять функции мотонейронов, обеспечивая подвижность миоцитов или интернейронов, подавляя и/или стимулируя другие интер- или мотонейроны.

Заметно меньше выявлено клеток, имеющих от 3 до 5 отростков одинакового диаметра. Отростки прослеживаются примерно на равном расстоянии. Если они отходят от противоположных полюсов либо с одной стороны, создается впечатление би- или униполярности соответственно. Нейроны расположены в межмышечном и подслизистом сплетениях. Данные клетки отнесены ко второму типу. Функционально нейроны второго типа Догеля считают собственными чувствительными нейронами вегетативной нервной системы, аксоны которых взаимодействуют с эфферентными нейронами первого типа, а дендриты формируют чувствительные окончания.

Нитроксидергических нейронов третьего типа не было обнаружено.

В отличие от млекопитающих у рыб встречаются настоящие биполярные клетки, значение которых неясно (Хлопин, Михайлов, 1955). Их количество в пищеварительном тракте исследованных рыб увеличивается от пищевода к ректальному отделу кишечника. Более того, в пищеводе и желудке редко попадающиеся двуотростчатые клетки, возможно, являются мультиполярными, расположенными в узле таким образом, что просматриваются не все отростки. В межмышечном сплетении кишечника биполярные клетки локализованы поодиночке либо рядом с мультиполярными и имеют крупные размеры.

Униполярные нейроны расположены преимущественно в пищеводе и желудке. В дистальном направлении их количество значительно сокращается. Многие нейроны обладают округлой шаровидной формой и имеют недифференцированный отросток. У некоторых клеток он делится У-образно на расстоянии, в полтора – два раза превышающем клеточный диаметр. Термин «униполяр» используется условно, так как в литературе по иннервации пищеварительного тракта первичноводных животных он чаще встречается (треска, жаба). Однако известно, что типичные униполярные нейроны, отросток которых сочетает рецепторную и эффекторную функции, характерны для ганглионарной нервной системы первичноротых животных, а без специальных исследований диагностировать функциональные зоны отростка невозможно.

Таким образом, несмотря на общий план как анатомического, так и гистологического строения пищеварительного тракта четырех видов рыб нами обнаружены некоторые особенности. Они отмечены в строении слизистой и мышечной оболочек верхних отделов пищеварительного тракта. Бентофаги (камбалы), в спектре питания которых имеются моллюски, обладают мощной мышечной оболочкой и развитым эпителиальным слоем в пищеводе. У зоопланктофагов (корюшки и анчоуса) отмечено два относительно небольших внутренних продольных мышечных тяжа, проникающих из глотки и прослеживающихся почти до верхнего отдела желудка. В эпителиальном пласте имеется 4-5 рядов эпителиальных клеток.

В межмышечном и подслизистом нервных сплетениях всех исследованных рыб обнаружены мультиполярные, биполярные и униполярные нейроны. Среди мультиполяров выявлены клетки первого и второ-

го типов Догеля. Наиболее многочисленны клетки первого типа в интрамуральных сплетениях пищевода. Отмечены увеличение количества биполярных и уменьшение количества униполярных клеток от проксимального к дистальному отделу пищеварительного тракта.

### Библиографический список

1. *Кузьмина В.В.* Трофическая, защитная и трансформационная функции пищеварительной системы рыб // *Вопр. ихтиологии.* 1999. Т.39. № 1. С. 69-77.

2. *Кузьмина В.В., Скворцова Е.Г.* Вклад протеолитических ферментов объектов питания в процессы пищеварения хищных рыб // *Вопр. ихтиологии.* 2003. Т. 43. № 2. С. 209-214.

3. *Наточий Ю.В.* Эволюция водного и солевого обмена в животном мире // *Вестник АН СССР.* 1970. № 1. С. 52-61.

4. *Ноздрачёв А.Д.* Функциональная структура автономной (вегетативной) нервной системы позвоночных // XII Междунар. совещание по эволюционной физиологии. СПб., 2001. С. 102-103.

5. *Brehmer A., Schrödl F., Neuhuber W.* Morphological classifications of enteric neurons – 100 years after Dogiel // *Anat. Embryol.* 1999. V. 200. P. 125-135.

6. *Hope B.T., Vincent S.R.* Histochemical localization of neuronal NADPH-diaphorase // *J. Histochem. Cytochem.* 1989. V. 37. P. 653-661.

7. *Хлопин Н.Г., Михайлов В.П.* Работы Догеля и его учеников по вегетативным ганглиям // *Успехи современной биологии.* 1955. Т. 40. № 1. С. 108-120.